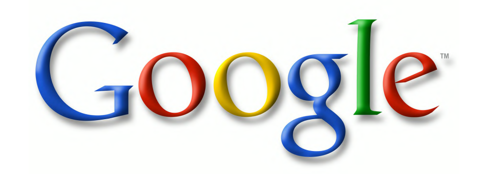


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

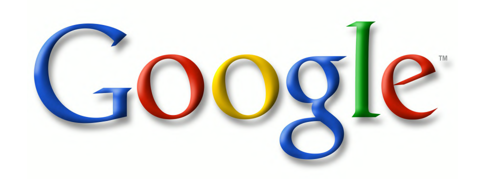
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`



GUIDE

DU

SONDEUR AU PÉTROLE

TRAITÉ

THÉORIQUE ET PRATIQUE

DES

SONDAGES

APPLIQUÉS

à la recherche et à l'exploitation du pétrole

PAR

Victor PETIT

INGÉNIEUR



BRUXELLES

MAISON D'ÉDITION ALFRED CASTAIGNE

28, rue Berlaimont, 28

PARIS

CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

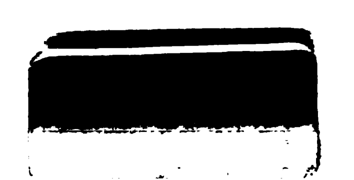
15, Rue des Saints-Pères, 15

1907



THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

PRESENTED BY
PROF. CHARLES A. KOFOID AND
MRS. PRUDENCE W. KOFOID



GUIDE

DU

SONDEUR AU PÉTROLE

GUIDE

DU

SONDEUR AU PÉTROLE

TRAITÉ

THÉORIQUE ET PRATIQUE

DES

SONDAGES

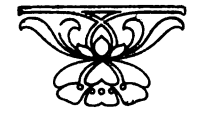
APPLIQUÉS

à la recherche et à l'exploitation du pétrole

PAR

VICTOR PETIT

INGÉNIEUR



BRUXELLES

MAISON D'ÉDITION ALFRED CASTAIGNE

28, rue Berlaimont, 28

PARIS

CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

15, Rue des Saints-Pères, 15

1907

Tous les exemplaires sont paraphés.

TN870
P415

PRÉFACE

Dans la première partie de notre « Guide du Sondeur au pétrole » nous avons indiqué la manière de rechercher les endroits les plus favorables à l'exploitation du pétrole par des prospections géologiques à la surface. Ce travail était forcément incomplet, car il ne suffit pas de connaître les moyens de trouver le pétrole, il faut encore être à même de l'exploiter industriellement. Aussi, dans cette seconde partie de notre livre, nous nous sommes efforcés de mettre le sondeur novice au courant de l'outillage et des appareils de sondage, de la manière de s'en servir et des avantages et désavantages que chaque outil ou appareil présente.

L'outillage du sondage change sensiblement suivant que l'on sonde à la recherche du charbon, des différents minerais, de l'eau ou du pétrole. L'exploitation du pétrole demande des appareils et outils que l'on emploie assez rarement à d'autres buts; aussi tout sondeur, même déjà expérimenté par ses travaux de sondage pour d'autres minéraux, doit, en quelque sorte, faire un apprentissage particulier dès qu'il s'attache à l'exploitation du pétrole. Justement notre traité, portant exclusivement sur l'exploitation de ce minéral, lui sera une aide précieuse dans cet apprentissage.

Le but de notre travail a été de réunir, autant que possible, toutes les connaissances acquises, de manière à en former un tout que le sondeur pourra consulter en toutes occasions. Nous avons surtout laissé parler la pratique, jugeant qu'il existait déjà assez de traités théoriques sur la matière pour ne pas répéter ce qui avait déjà été dit. Nous n'avons décrit que des appareils et des outils déjà employés et d'usage courant, et avons écarté systématiquement la description d'applications qui nous semblaient présenter un caractère plutôt utopique.

M365125

Ce traité, dans quelques années, paraîtra incomplet, car chaque jour naissent de nouveaux perfectionnements que l'on n'avait pas prévu; nous en avons commencé la rédaction, il y a quatre ans, espérant toujours que l'outillage du sondage atteindrait enfin à la perfection ou que, du moins, nous pourrions décrire la plupart des outils ayant acquis leur forme définitive; mais, reconnaissant que l'inventivité humaine, en n'importe quelle branche, ne peut avoir de limites, nous présentons notre travail, dès maintenant, tout imparfait qu'il nous semble être, au lecteur, avec l'intention de le compléter un jour si les circonstances nous le permettent.

Tel qu'il est, ce traité ne peut manquer de rendre de grands services à tous et nous sommes convaincus, qu'en le publiant nous faisons œuvre utile, non seulement aux sondeurs au pétrole, mais à tous les sondeurs en général qui y trouveront la description et la manière d'emploi d'outils et d'appareils qu'ils ne connaissent certainement pas.

VICTOR PETIT.

Guide du Sondeur au Pétrole

CHAPITRE PREMIER.

Des systèmes de sondage appliqués à la recherche du pétrole.

Pour la recherche du pétrole, on emploie tous les systèmes de sondage connus, qui sont :

1° Le système à la corde; 2° le système à sonde articulée; 3° le système à percussion directe ; 4° le système à rotation; 5° le système à percussion automatique.

Ces différents systèmes peuvent être combinés, c'est-à-dire réunis dans un seul dispositif, de manière à pouvoir employer indifféremment l'un ou l'autre suivant la nature des terrains à traverser.

Le système à la corde s'emploie dans les formations pétrolifères les plus régulières, les moins ébouleuses, et dans lesquelles les couches sont horizontales ou, du moins, se rapprochent très fort de l'horizontalité, ou encore dans les petits diamètres.

Le système à sonde articulée répond parfaitement à la nature des terrains pétrolifères, qui sont ordinairement très ébouleux et dans lesquels des appareils compliqués ne fonctionneraient qu'avec de grandes difficultés.

Le système à percussion directe s'emploie concurremment avec le système à sonde articulée pour la traversée de tous les terrains. Il rend surtout de grands services pour le forage de couches sableuses ou peu consistantes, et là il est supérieur au système à sonde articulée.

Le système à rotation ne s'emploie, dans les terrains pétrolifères, que pour le sauvetage de sondages en accident.

Le système à percussion automatique est d'une application récente et est employé concurremment avec tous les autres systèmes.

Chaque système de sondage a ses avantages et ses inconvénients; aussi un dispositif combiné réunissant plusieurs systèmes donne-t-il de meilleurs résultats, car on peut, de cette façon, éviter leurs inconvénients et n'en conserver que les avantages.

En général, un système de sondage se compose d'une sonde proprement dite, d'une tour appelée également chèvre, d'un treuil de manœuvre et d'un moteur. En

dehors de ces objets principaux vient toute une série d'outils plus ou moins compliqués dont nous trouverons le détail et l'emploi dans le courant de ce livre.

Examinons chaque système individuellement, ainsi que tout son outillage, et voyons quels sont les mérites de chacun d'eux.

Systèmes à sonde articulée. — Système à la corde.

Le système à la corde a reçu une application sur une grande échelle pour l'exploitation du pétrole, surtout en Pensylvanie où le terrain, très tendre, consistant, permet de forer 600 à 700 mètres en quelques semaines.

Il consiste essentiellement en une corde qui peut être en chanvre, en fils d'acier, de fer, etc., au bout de laquelle est suspendue la sonde proprement dite, qui comprend :

1° Le poids-mort ou maitresse-tige consistant en une barre de fer ronde, munie à l'un des bouts d'un tenon fileté, à l'autre bout d'une douille également filetée;

2° D'une barre d'acier appelée trépan terminée en tranchant à l'un des bouts, à l'autre munie d'un tenon fileté qui se visse dans la douille de la maîtresse-tige;

3° D'un assemblage de deux pièces glissant l'une dans l'autre appelée glissière, dont l'une est munie d'un tenon fileté, l'autre d'une douille se vissant sur le tenon de la maitresse-tige;

4° D'un anneau-tournant muni d'une douille qui, vissé sur le tenon de la glissière, réunit la corde à la sonde.

Le mouvement de percussion est transmis à la sonde en attachant la corde à un balancier qui reçoit un mouvement d'oscillation d'une manivelle calée sur l'arbre d'un treuil quelconque.

(Le treuil canadien, que nous décrirons plus loin, convient parfaitement pour le sondage à la corde.)

Le poids de la maîtresse-tige doit être aussi grand que possible : 800 à 1200 kgs.; l'amplitude du balancier à la manivelle : $0^{m}50$ à $0^{m}70$.

Le diamètre de la corde, si elle est en fils d'acier, doit être de 25 millimètres; si elle est en chanvre, de 50 à 60 millimètres et doit, en tous cas, provenir de matériaux de tout premier choix. Les fils de la corde en acier ne doivent pas excéder 1 millimètre en diamètre.

Le sondeur au système à la corde doit apporter toute son attention sur le choix de celle-ci, car elle est le fondement de ce système.

Afin de pallier à l'usure toujours rapide des cordes en acier dans le trou de sonde, on fabrique en Pensylvanie des cordes mixtes, où l'âme de chaque toron de la corde en chanvre est une corde en fils d'acier, d'un diamètre convenable. Le chanvre ayant moins de prise sur la tôle des tubes, s'use moins rapidement, tout en protégeant la corde en acier de toute usure, par conséquent de tout affaiblissement. Ces cordes mixtes répondent à tous les désiderata et permettent d'éviter les accidents par leur rupture pendant la perforation.

Quand on s'aperçoit que le chanvre est tout à fait usé et que l'âme en acier menace de se détériorer, la corde est renvoyée à la fabrique pour la recouvrir à nouveau d'un toron de chanvre.

Il se comprend qu'une telle corde peut être mise dans les mains de l'ouvrier

le plus brutal sans crainte de danger, car l'âme en acier étant calculée pour résiste à une traction supérieure à celle que l'appareil de manœuvre permet de faire, et étant protégée par le chanvre contre tout affaiblissement, si l'outil perforateur vient, pour une cause quelconque, à être cerné dans le trou de sonde, l'ouvrier pourra appliquer sur la corde toute la force de traction qui est mise à sa disposition sans arriver à une rupture de celle-ci.

Quand on n'emploie qu'une corde en acier, nue, son usure est rapide, surtout dans les petits diamètres et les terrains composés de grès, dont les détritus légers, qui montent dans l'eau du trou de sonde, sont un grand facteur d'usure. La corde s'affaiblit rapidement et, si le trépan vient à se coincer dans le trou de sonde, l'ouvrier sondeur, confiant en la résistance de sa corde, opère une traction pour dégager l'outil engagé qui amène souvent la rupture de la corde.

La rupture d'une corde dans un trou de sonde n'est, en elle-même, pas un accident bien grave; mais, comme on ne peut toujours être présent à l'avancement d'un sondage, on est bien forcé de s'en remettre aux soins du personnel souvent inexpérimenté et toujours aventureux, et qui greffe facilement un second accident plus grave sur le premier.

Il ne faut donc laisser entre les mains du personnel qu'une corde offrant toutes les garanties de sécurité voulues et, aussitôt que l'on s'aperçoit que l'usure de la corde est trop avancée, on doit remplacer celle-ci par une nouvelle.

Quant à la forme et aux dimensions à donner à l'outillage, nous nous en occuperons au chapitre s'y rapportant. Ces formes et dimensions diffèrent peu de celles employées pour la construction de l'outillage des autres systèmes de forage.

Avantages et inconvénients du système à la corde.

Le seul avantage consiste en la rapidité avec laquelle la sonde est remontée au sol, soit pour remplacer le trépan usé par un autre fraîchement aiguisé, soit pour enlever avec une cuillère les détritus arrachés par le trépan à la roche. La manœuvre de remonte et de descente de la sonde se fait en très peu de temps; car il n'y a pas de dévissage et renvissage des tiges de forage comme dans les autres systèmes.

D'un autre côté, si on a l'avantage de faire les manœuvres plus rapidement, on rencontre des inconvénients qui empêchent d'employer ce système en toutes circonstances.

Ces inconvénients sont :

1° Dans les terrains fortement inclinés, consistant en alternances de couches dures et tendres, le trépan glisse facilement de la verticale et fait un trou oblique. La sonde est bientôt empêchée dans son mouvement de rotation et tout avancement est rendu impossible. Le sondeur ne peut, en ce cas, avoir recours qu'à la sonde rigide pour redresser son trou de sonde.

Pour empêcher le glissement du trépan de la verticale, on emploie bien un guidonnage ayant très peu de jeu dans le trou de sonde et qu'on intercale entre la maîtresse-tige et le trépan; mais ce guidonnage présente lui-même l'inconvénient très sérieux de se caler facilement dans le trou de sonde, par la chute d'éboulements, et de compliquer énormément le travail de retraite de la sonde en cas d'accident.

2° Si le terrain n'est pas parfaitement homogène et présente des parties plus dures que d'autres, le trépan, n'étant pas maitrisé par le sondeur à la surface, comme

dans les autres systèmes de forage, glisse sur ces parties dures sans les entamer et laisse des aspérités sur les parois du trou. Ces aspérités empêchent bientôt la sonde de tourner et de frapper bien régulièrement sur le fond; de nouveau, tout avancement est impossible. Le sondeur doit encore une fois avoir recours à la sonde rigide pour remettre son trou de sonde bien cylindrique.

Pour obvier à cet inconvénient, on laisse une largeur aussi grande que possible aux cornières du trépan, de manière à bien égaliser les parois du trou; mais, en bien des cas, cela ne suffit pas encore pour empêcher la formation de ces aspérités. D'un autre côté, un trépan, possédant des cornières très larges, se coince facilement par la chute des moindres éboulements et présente une résistance considérable à l'avancement rapide de l'enfoncement.

3° Si la sonde se trouve coincée dans le trou de sonde, il est très difficile de la dégager avec la corde; on ne peut, comme dans le système à tiges massives, donner des coups secs et vigoureux à la glissière de bas en haut, car la corde, par sa grande élasticité, absorbe le choc qui se produit à la glissière et réduit tout l'effet à une action de traction sans grande efficacité.

Afin de donner à la corde une plus grande rigidité et obtenir un choc plus efficace, quand on doit frapper à la glissière de bas en haut pour dégager la sonde engagée dans le terrain, on intercale à demeure fixe une seconde maîtresse-tige de 300 à 400 kilogs de poids, entre la glissière et l'anneau-tournant qui relie la corde à la sonde; cette seconde maîtresse-tige fait d'autant meilleur office de mouton qu'elle est plus pesante. La présence de cette seconde maîtresse-tige crée de nouveau un sérieux inconvénient qui provient du plus grand allongement, d'une plus grande fatigue et d'une détérioration plus rapide de la corde.

4° Dans les terrains fortement usants et très durs, le trépan perd rapidement de son diamètre en creusant un trou conique; si l'on descend un trépan remis à diamètre avec une trop grande vitesse sur le fond, il se coince énergiquement dans la partie conique du trou et l'on est souvent impuissant à l'en arracher avec la corde.

Pour remettre le fond du trou à diamètre avec la corde, on éprouve les plus grandes difficultés, et souvent on n'y parvient qu'en remplissant le trou de sonde sur une certaine hauteur avec des pierres très dures.

5° Dans les grands diamètres, le système à la corde est tout à fait inférieur aux autres systèmes, car le nombre de coups de sonde donnés en un temps voulu avec la corde, est notablement inférieur au nombre de coups donnés avec des tiges; l'avancement est moins rapide.

6° Pour la réparation des accidents, il faut avoir constamment un jeu de tiges, ce qui entraîne à une certaine dépense. Il est vrai que dans les exploitations pétrolifères où il y a souvent un grand nombre de puits en production, on est obligé d'avoir un jeu de tiges en fer dites de sauvetage, qu'on emploie soit à la retraite des tubes, soit à la réparation d'accidents souvent inévitables; ce jeu de tiges sert également pour remplacer la corde en cas d'accident dans le sondage à la corde.

Mais, quand une exploitation est à son début, qu'on n'en est encore qu'au premier puits, et qu'on ne sait pas encore si les recherches seront couronnées de succès, on est quand même obligé d'acquérir des tiges de sauvetage qui peuvent être nécessaires à chaque instant. C'est donc une double dépense que l'on doit faire de tout prime abord.

Nous voyons que, par ses multiples inconvénients, le système de forage à la

corde ne peut être employé indifféremment dans toutes les formations de terrains. Il ne peut rendre de réels services que dans les couches horizontales, tendres, homogènes, les diamètres réduits et les grandes profondeurs; le sondeur avisé ne l'emploiera donc que dans ces conditions.

En Amérique où, ainsi que nous l'avons déjà dit, le système à la corde est beaucoup employé, on a imaginé un grand nombre de dispositifs de battage plus ou moins pratiques; nous ne pouvons songer à les décrire tous, il faudrait pour cela tout un volume, et cela serait bien inutile; car tous reposent sur un même principe, et s'il y a une certaine différence de construction entre eux, ce n'est que pour des raisons de facilité de transport ou par suite de la différence de profondeur à atteindre. Nous ne décrirons que le dispositif le plus employé avec lequel on atteint des profondeurs de 1000 et 1500 mètres. Cela suffira amplement à faire connaître le principe du système à la corde.

Dispositif pensylvanien. — Il se compose d'une chèvre, d'un treuil de manœuvre, d'une machine à vapeur et d'une chaudière quelconques.

Le treuil (fig. 2, pl. I) se compose des semelles *a b c d e f g h* qui portent deux autres semelles *i j*. Sur la semelle *j* est dressé un poteau *k* que maintiennent deux poussants *l m*. Sur ce poteau *k* oscille un balancier *n* qui est relié à une manivelle *o*, calée sur le bout d'un arbre *p* par l'intermédiaire d'une bielle *q*. L'arbre *p* tourne dans des paliers fixés sur les poteaux *r s* dressés sur les semelles *i j* et porte une poulie de commande *t*. Sur cette dernière est fixée latéralement une seconde poulie à gorge *u* qui transmet le mouvement de la poulie *t* au tambour *v* d'enroulement de la corde de battage *w* par la corde *x* entre-croisée. Un tambour *y* pour l'enroulement de la cordelette de curage *z* reçoit son mouvement de la roue de commande *t*, par simple appui sur celle-ci; à l'aide des leviers *a' b'* et de la tringle *c'*, on approche ou on recule le tambour *y* de la poulie *t* à volonté. Une roue *d'* fixée sur le rouleau *e'* d'enroulement de la corde *w* porte une bande de frein, à l'aide de laquelle on modère le déroulement de la corde pendant la descente de la sonde. Le balancier *n* porte une vis de rappel *f'*, terminée par un jeu de griffes *h'* avec lequel on saisit la corde *w* à n'importe quelle hauteur (fig. 1, pl. I).

Mode d'emploi du système à la corde.

Suivant la profondeur du sondage, le sondeur doit attacher la corde au balancier, de telle manière que le trépan reste suspendu à une certaine hauteur du fond; cette hauteur doit être réglée de façon que le balancier, donnant le nombre d'amplitudes voulu par minute, la sonde ne touche le fond que quand la corde, sous l'effet du lançage, s'est détendue à son maximum d'allongement.

Le nombre de coups à donner par minute est forcément limité par le jeu de la corde même. Si le sondeur dépasse une certaine vitesse de battage, la sonde attirée trop brusquement par le balancier, au moment de l'arrêt de celui-ci dans son mouvement ascendant, saute en l'air à une hauteur qui atteint souvent plusieurs mètres, la corde, près de l'attache à l'anneau-tournant qui la réunit à la sonde, s'enroule sur elle-même, et il se produit des nœuds qui en provoquent la détérioration ou même la rupture nette.

La rotation de la sonde se produit sous l'effet du tendage et détendage de la

corde. On intercale un anneau-tournant entre la corde et la sonde pour que la rotation de la sonde soit en partie indépendante de celle de la corde, et pour éviter le détordement de celle-ci, par conséquent sa mise rapide hors d'usage.

Système à la glissière.

Avant d'examiner le fonctionnement du système de forage à la glissière, passons en revue les différents outils employés, afin de bien comprendre la manière dont cette sonde est composée, ainsi que les différents dispositifs de forage.

Des tiges de forage. — Pour pallier aux inconvénients de la corde, surtout dans les grands diamètres, on lui substitue des tiges massives que l'on réunit l'une à l'autre par des emmanchements à vis. Le tenon ou mâle de ces emmanchements est ordinairement conique, car on en obtient une plus grande rapidité de raccordement que par des emmanchements cylindriques.

Pour la fabrication des tiges, on emploie le fer et le bois. Le fer doit être de première qualité, très fibreux, plutôt mou que dur, et doit se souder facilement. Le fer de Suède se recommande spécialement pour les tiges de sondage; le fer au nickel, quoique plus coûteux, est encore meilleur. Jusque 150 et 200 mètres de profondeur, le diamètre des tiges en fer doit être de 30 millimètres, de 200 à 300 ou 350 mètres, de 25 millimètres et de 350 à 1000 mètres, de 22 millimètres. La figure 3, planche I, indique la forme des emmanchements de tiges.

La section du fer des tiges doit être de préférence ronde plutôt que carrée, car les tiges de section ronde cassent moins vite que les tiges de section carrée : ce qui est attribuable à la plus grande flexibilité des unes que des autres. Les tiges devront être, de préférence, d'une seule pièce; on y soude seulement les emmanchements. La soudure doit être faite soigneusement; après chaque soudure, il sera bon que le forgeron plie le fer à chaud à l'endroit de la soudure dans un sens, puis dans l'autre, afin de s'assurer si celle-ci est bien homogène. La longueur totale des tiges est ordinairement de $11^{m}50$.

Les emmanchements présentent un carré qui permet de les saisir, soit avec la fourche de retenue, soit avec le tourne-à-gauche, et un épaulement par lequel la tige repose sur la fourche de retenue.

Il est indispensable de maintenir les tiges bien droites si l'on veut éviter des ruptures constantes. Une tige présentant des coudes plus ou moins prononcés, se redresse à ces endroits à la relève et fléchit à la chute de la sonde. Par ce redressement et fléchissement répétés des milliers de fois, le fer se cristallise et finit par se casser. Une tige bien droite, au contraire, garde ses qualités, et ce n'est qu'après un très long usage que le fer, sous les chocs répétés, se cristallise et perd de sa force.

Une tige pliée présente encore l'inconvénient très grave, si elle vient à casser à un coude plus ou moins fort, de se fourrer dans les parois par son effet de ressort, et d'où il est souvent difficile de l'en retirer. Si l'on ne parvient pas à la saisir par l'extrémité de la partie cassée, à la moindre traction que l'on opère en la saisissant avec un instrument quelconque, à quelque distance de l'extrémité, la tige bute sous une aspérité quelconque du trou de sonde, se replie sur elle-même d'autant plus que la traction est forte. On comprend qu'il devient alors difficile de retirer la sonde, on ne peut même souvent pas décrocher et remonter l'instrument descendu.

Les tiges en fer présentent l'inconvénient d'être très pesantes et, par leur faible diamètre, d'occasionner un très petit déplacement du liquide que contient le trou de sonde et, par conséquent, d'en être très peu allégées.

Pour obvier à cet inconvénient, on leur a substitué des tiges en bois de frêne, de sapin, d'acacias, d'hyckory, etc. Ces tiges se composent de deux perches de 5 à 6 mètres de longueur et $0^{m}050$ de diamètre, de bois de fil continu sur toute sa longueur, réunies par deux lames rivées (fig. 4, pl. I). Les bouts sont coiffés, l'un de l'emmanchement mâle, l'autre de l'emmanchement femelle, garnis de deux lames venues de l'emmanchement même et également rivées sur la tige.

La rivure des emmanchements sur le bois doit être soignée et faite par un homme consciencieux. Les trous pour les rivets doivent être forés à l'aide d'une vrille cylindrique en spirale, de manière à les avoir bien droits et bien lisses ; leur diamètre doit être égal ou même un peu inférieur au diamètre des rivets, afin d'obtenir un serrage de ceux-ci dans le bois. Les rivets doivent être soigneusement recuits.

La rivure doit se faire à petits coups de marteau pour éviter un ploiement du rivet dans le bois et, par conséquent, un affaiblissement de l'assemblage.

L'assemblage se fait à raison de quatre rivets; ceux-ci ont un diamètre de 8 millimètres et doivent provenir de fer fibreux, plutôt mou que dur.

Pour la fabrication des tiges, le bois ne doit pas être scié, mais bien fendu, de manière à garder le fil ininterrompu, par conséquent toute la résistance possible à la traction. Ce bois fendu est ordinairement très gauche et présente des coudes très prononcés, qui sont un inconvénient sérieux pour le travail dans de petits diamètres : par suite du frottement dans le trou de sonde, le bois s'use très rapidement aux coudes et ne tarde pas à céder, soit au choc, soit à la traction.

On remédie à cet inconvénient en chauffant les perches tout préparées dans une cuve hermétiquement close avec de la vapeur à une pression de une à deux atmosphères. Sous l'effet de la chaleur et de l'humidité, le bois acquiert la faculté de se plier très facilement et de garder la forme qu'on veut lui donner. Il suffit donc, après les avoir bien chauffées à la vapeur, de placer les perches dans des formes spéciales, sous une pression voulue, et de les laisser sécher lentement pour les obtenir bien droites. Etant sèches, elles gardent la rectitude qu'on leur a imprimée, surtout si l'on évite de les poser en porte-à-faux.

Si l'on a soin, après ce travail de redressement des perches, de soumettre celles-ci à un essai de traction déterminée, on peut éliminer celles qui ne présentent pas une résistance assez grande pour le travail qu'on attend d'elles.

Par les procédés de fendage, de redressement et d'essai à la traction des perches, on obtient des tiges qui cassent rarement en plein bois, si l'on ne dépasse pas le maximum de traction qui est de 12,000 kilogs environ.

Les ruptures des tiges en bois se produisent ordinairement aux ferrures. Sous les chocs répétés, le fer de ces ferrures se cristallise et, quoique les dimensions qu'on leur donne soient calculées pour une résistance supérieure à celle inhérente à un travail régulier, après quelques mois de travail il s'y produit des ruptures.

Si l'on n'a pas soin d'ajouter des dents (fig. 5, pl. I), que l'on intercale entre le bois et la ferrure et qu'on fait traverser par les rivets, ceux-ci se brisent par le milieu et sautent de l'assemblage, moitié d'un côté, moitié de l'autre. Quand un ou deux rivets seulement restent, ils ne présentent plus assez de résistance aux chocs et à la traction, ils arrachent le bois suivant une rainure de la largeur de leur diamètre,

et la perche sort de l'assemblage. Les deux dents de 5 millimètres d'épaisseur, que l'on ajoute, renforcent fortement la rivure et rarement celle-ci cède aux efforts les plus vigoureux.

Les assemblages du bois avec le fer demandent un contrôle continu et soigneux, car, par suite du frottement des tiges dans le trou de sonde, les ferrures s'usent rapidement, les têtes des rivets sont enlevées complètement et, si l'on n'a pas soin de remplacer ceux-ci à temps, ils cèdent du côté le plus faible à la traction, le bois est arraché de la ferrure en provoquant un élargissement démesuré de celle-ci.

Si le trou de sonde est de faible diamètre il devient, en ce cas, difficile d'opérer le retrait de la sonde, car la ferrure endommagée ne veut pas pénétrer dans aucun des instruments qu'on lui présente.

Pour réunir les emmanchements aux perches en bois, on emploie encore des fourreaux venant des emmanchements mêmes, garnis intérieurement d'un filet à fort pas; le bout de la perche, bien sèche, est vissé fortement dans ce fourreau. La tige étant descendue dans le liquide, qui remplit le trou de sonde, se gonfle par absorption de ce liquide et se serre énergiquement dans le fourreau. Cet assemblage est très résistant et supprime les nombreux inconvénients des assemblages à rivures; il est très coûteux, et c'est la grande raison pour laquelle certains sondeurs préfèrent continuer l'emploi des ferrures rivées.

Les tiges en bois ont l'avantage sérieux sur les tiges en fer d'être plus légères, de provoquer un déplacement d'un volume du liquide dans lequel elles sont plongées, dont le poids égale presque leur propre poids, et d'offrir avec cela une aussi grande résistance à la traction.

Elles ont le désavantage d'être plus coûteuses : une tige en fer de 22 millimètres de diamètre et de 11^{m}50 de longueur coûte 18 francs, tandis qu'une tige en bois toute montée coûte 40 francs, soit plus du double, d'exiger un contrôle trop assidu et de se rompre très facilement par suite d'une chute un peu forte sur le fond du trou. Avec des tiges en fer, s'il se produit une chute de la sonde, même de plusieurs centaines de mètres de hauteur, tout se réduit à un fort ploiement des tiges, tandis que les tiges en bois se brisent en un grand nombre d'endroits, se glissent à côté l'une de l'autre, et se calent, au point de ne plus pouvoir les arracher du trou de sonde autrement que morceau par morceau, souvent lambeau par lambeau. Il faut souvent de longs mois de travail patient pour dégager le sondage de tous ces débris de tiges. Il y a non seulement perte de temps et d'argent pour le dégagement du trou de sonde, mais tout le jeu de tiges est complètement perdu.

Avec des tiges en fer, après la chute, il suffit de les saisir par l'extrémité supérieure à l'aide d'un instrument convenable; sous la traction, elles se redressent insensiblement et permettent le retrait de la sonde, bien souvent à la première manœuvre. Après les avoir redressées à chaud, les tiges peuvent servir à continuer la perforation.

C'est un avantage énorme des tiges en fer sur les tiges en bois, et c'est la raison pour laquelle tant de sondeurs, malgré divers autres avantages que leurs présentent les tiges en bois, préfèrent rester à l'emploi des tiges en fer.

Dans les très petits diamètres de trou de sonde, l'usage des tiges en bois est absolument irrationnel, car leur diamètre est trop grand et, si une rupture se produit, soit en plein bois, soit aux ferrures, les difficultés de retrait de la sonde prennent trop d'importance.

Dans les grands diamètres, le trou de sonde étant ordinairement entièrement

rempli d'eau, par suite de leur déplacement considérable du liquide, les tiges en bois flottent. Ce flottage empêche un battage aussi vif qu'avec les tiges en fer qui ont plus de poids et, par conséquent, un avancement aussi rapide.

Après avoir comparé les avantages et inconvénients des deux systèmes de tiges, le sondeur avisé préfère rester à l'emploi de celles en fer qui lui présentent plus de sécurité.

Trépans. — Les trépans sont ordinairement formés de deux pièces, l'une en fer d'où, vient le tenon fileté, l'autre en acier d'où provient la lame munie du tranchant soudées soigneusement ensemble. On les fabrique aussi tout en acier, afin d'éviter la soudure dans le corps des trépans, soudure qui, mal faite, est une cause d'affaiblissement. Comme on ne peut toujours s'en remettre au plus ou moins de conscience d'un forgeron pour l'entière sécurité d'une soudure aussi importante que celle d'un trépan, on préfère, en beaucoup de cas, faire venir les trépans d'un seul bloc d'acier. Les tenons en acier ont peut-être une tendance à la rupture plus marquée que les tenons en fer; mais, comme une rupture au tenon est beaucoup moins dangereuse que celle en plein corps du trépan, il est recommandé de fabriquer les trépans plutôt tout en acier que partie fer et partie acier.

On donne différentes formes aux trépans, mais la plus usitée est celle que montre la fig. 6, pl. I.

Afin de présenter moins de prise aux boues dans lesquelles le trépan travaille, la lame doit être mince : 0m03 pour les trépans de petit diamètre et 0m05 pour ceux de grand diamètre. Seules, les cornières doivent présenter une plus forte épaisseur (0m08 pour les grands diamètres et 0m05 pour les petits), afin de mieux égaliser les parois du trou de sonde.

Cette forme de trépan permet un aiguisage rapide et peu coûteux, car la lame étant mince, la chauffe en est plus facile.

Dans les grands diamètres et les terrains durs, difficiles à perforer, on doit laisser aux cornières un tranchant se trouvant sur le même plan que le tranchant de la lame et perpendiculaire à celui-ci. Les cornières, étant larges, abattent toutes les aspérités qui pourraient rester sur les parois du trou et égalisent celui-ci. Afin d'obtenir un avancement plus rapide, on peut laisser le tranchant de la lame dépasser légèrement le tranchant des cornières, de telle façon qu'il entame seul le terrain. (Fig. 7, pl. I).

Dans les petits diamètres, au contraire, on doit abattre le tranchant des cornières, de manière à n'avoir qu'un simple biseau, fig. 8, pl. I, ce qui permet un avancement plus rapide, surtout dans les terrains tendres.

Si, dans un grand diamètre, on emploie un trépan à simple biseau, sans cornières, il est difficile, dans certaines couches de terrains, d'éviter les aspérités sur les parois du trou, surtout si l'ouvrier sondeur imprime un mouvement irrégulier de rotation au trépan et lui fait parcourir, tantôt un grand arc, tantôt un plus petit. La sonde ne tarde pas à descendre plus d'un côté que de l'autre; il se forme une corne qui va en s'élargissant au fur et à mesure de l'enfoncement et empêche bientôt la sonde de tourner. Il faut repasser le trou avec un trépan à cornières très larges pour le remettre bien cylindrique, ce qui exige toujours une perte de temps considérable.

Pour remettre au diamètre voulu les trépans usés par la perforation du terrain, le forgeron ne doit pas employer un compas sujet à dérangement, mais bien un calibre en tôle, fig. 9, pl. I, dont l'ouverture a la forme exacte du tranchant du trépan; il doit veiller à ce que le tranchant soit bien perpendiculaire à une ligne passant par l'axe du trépan, surtout pour les trépans de grand diamètre : si une pointe du tran-

chant dépasse l'autre, elle seule trouve appui sur le fond; il y a donc porte-à-faux qui entraîne la rupture du tenon.

Pour bien dresser un trépan, on emploie le petit dispositif que montre la figure 10, pl. I. Il se compose d'un triangle en tôle à l'un des angles duquel est rivée une tringle également en tôle, bien rectiligne, et pouvant osciller sur le rivet d'attache. En posant le triangle par le côté convenable sur l'embase du trépan, qui est ordinairement bien tournée, on abaisse ou on relève la tringle jusqu'à ce qu'elle s'appuie sur la pointe du tranchant; on reporte ensuite le jauge de l'autre côté du trépan et le jeu, qui reste entre la tringle et la seconde pointe du tranchant, donne l'excentricité de la lame.

On applique le même procédé pour redresser la lame sur son plat.

Pour éviter la rupture du trépan, il est bon de donner une certaine courbure au tranchant de la lame. Cette courbure doit être calculée de façon que la maitresse-tige, s'appuyant par son extrémité supérieure sur la paroi du trou de sonde tout le tranchant du trépan pose sur le fond.

On comprend qu'avec un tranchant tout à fait droit, à la moindre inclinaison de la maîtresse-tige, le trépan ne porte sur le fond que par une de ses pointes : il y a donc porte-à-faux qui peut occasionner une rupture, soit de l'affût, soit du tenon ou même de la maîtresse-tige.

Dans les grands diamètres, pour éviter le balancement de la maitresse-tige, on intercale, autant que la nature des terrains le permet, un guidonnage entre la maitresse-tige et la glissière.

Le tranchant du trépan doit être, longitudinalement, d'une rectitude absolue; le contraire occasionne, surtout dans les terrains durs, un dévissage du trépan.

Le forgeron, pour mesurer le diamètre des trépans qu'il aiguise, doit porter ceux-ci à une chauffe uniforme pour tous, de manière qu'après la trempe, chaque trépan, individuellement, ait un diamètre constant. Il doit posséder deux calibres, un pour le mesurage à chaud, l'autre pour le mesurage à froid. Il doit connaitre le retrait que la lame éprouve en la mettant dans l'eau pour la trempe, de telle façon qu'étant mise à diamètre à chaud, après la trempe, ce diamètre soit celui désiré.

Si, par manque d'observation, l'ouvrier sondeur descend un trépan un peu plus fort qu'il ne l'est habituellement, en pénétrant dans le terrain, il s'y coince énergiquement sous tout le poids de la sonde, et il faut faire des efforts très vigoureux, qui amènent souvent la rupture des tiges, pour en opérer le retrait.

Si, au contraire, il descend un trépan de plus faible diamètre, celui-ci fera un trou plus petit et, si le trépan qui lui succède est au diamètre habituel, il se coincera d'autant plus énergiquement dans la partie rétrécie que la différence de diamètre est petite.

L'angle du biseau de la lame est différent pour chaque espèce de terrains. Pour les terrains très durs, cet angle doit être faible pour renforcer le tranchant et éviter qu'il ne saute entièrement en éclats. Pour les terrains tendres, au contraire, il est bon de donner un angle de tranchant assez grand. Pour les terrains durs, on donne 45°; pour les terrains tendres, 65° d'inclinaison.

La trempe doit être plutôt dure que tendre. Il est préférable, si le trépan passe d'une couche tendre à une couche dure, que son tranchant saute en éclats plutôt qu'il ne se refoule. Si le trépan est trempé trop mou, en frappant sur la roche dure, le tranchant se refoule à un diamètre plus grand que le diamètre du trou et il devient impossible de le retirer par les moyens ordinaires. Le refoulement du trépan

à un diamètre trop grand est rendu d'autant plus facile qu'il agit en face d'une couche tendre qui n'use que très peu les bavures qui se produisent.

Pour éviter le coinçage d'un trépan, remis au diamètre ordinaire, dans le fond du trou de sonde, on donne à la lame une certaine excentricité qui l'oblige à faire un trou plus grand que son diamètre propre de sorte que, après avoir perforé dans le terrain d'une hauteur voulue, malgré son usure, le trépan fasse encore un trou d'un diamètre, si pas plus grand, au moins égal, au diamètre qu'il avait quand on le mit en œuvre. Le trépan que l'on descendra ensuite ira directement à fond sans s'y coincer, et l'on ne s'exposera pas aux dangers que présente toujours un coinçage.

Pour faire suivre la sonde par les colonnes de tubes de garantie, on emploie des trépans excentriques, c'est-à-dire des trépans dont la lame est entièrement rejetée sur le côté. Ces trépans creusent un trou aussi grand qu'il le faut pour que les tubes y pénètrent à l'aise.

Le principe des trépans excentriques avait été appliqué, il y a de nombreuses années. Dans leur *Guide du Sondeur*, paru en 1861, Dégousée et Laurent font mention de l'emploi de tels trépans. Ils disent, pages 127-128 :

« Un moyen bien simple d'éviter les enserrements des trépans, et qui réussit dans bien des cas, consiste à donner aux lames une forme telle qu'elles fassent naturellement un trou plus grand que leur diamètre. Il suffit pour cela de donner au saillant de la lame une légère irrégularité, c'est-à-dire que, si le trépan est à téton, le centre de ce dernier et une partie de la lame sont rejetés de l'axe réel; que si le trépan se termine par une lame plate, on lui donne une courbure telle que le point le plus bas soit environ au tiers de la largeur totale. Le fond du trou, dans ce cas, est légèrement convexe vers son centre, ce qui force la lame à se rejeter sur les parois, et, peu à peu, à agrandir le trou. »

Cependant, on n'avait jamais employé les trépans excentriques à faire un trou assez grand pour que la colonne de tubes, dans laquelle ils travaillaient, pût les suivre librement, et ce n'est qu'en 1900 que M. W.-H. Mac Garvey eut l'idée heureuse de donner à son trépan la forme indiquée par la figure 11, pl. I, et de forer un trou assez grand pour que les tubes puissent suivre le trépan, sans employer des excavateurs, comme on le faisait auparavant.

M. Mac Garvey, ayant fait breveter son invention immédiatement, d'autres personnes imaginèrent, afin d'éviter l'application du brevet Mac Garvey et obtenir elles-mêmes un brevet, différentes formes à donner aux trépans excentriques. Moi-même me suis occupé de cette question et ai employé le trépan excentrique (fig. 12, pl. I), qui m'a donné également des résultats satisfaisants.

Je dois avouer que, par les résultats obtenus avec le trépan Mac Garvey et qui, dans les terrains durs sont supérieurs à ceux donnés par des trépans excentriques à lame de courbure différente, j'ai préféré rester à son emploi exclusif, et j'ai remarqué que beaucoup de personnes étaient de mon avis, car l'emploi de ce trépan prend de plus en plus d'extension.

L'avantage du trépan Mac Garvey est de frapper par tous les points du tranchant de sa lame sur le fond du trou avec un minimum de porte-à-faux, et d'être guidé par son téton dans un avant-trou qui, venant d'une masse compacte, offre la plus absolue résistance au recul du trépan des parois. Il permet également par le diamètre donné au téton d'augmenter ou de diminuer l'excentricité du trépan jusqu'au maximum utile.

On donne au téton le diamètre du raccord du trépan à la maîtresse-tige.

La largeur de la lame entière doit être égale au demi-diamètre du téton augmenté du rayon du trou que l'on veut creuser.

Dans les petits diamètres de tubes, l'excentricité est limitée par ces diamètres mêmes, car on ne peut faire le trépan plus grand que la colonne; tandis que, dans les diamètres dépassant 0m30, le trépan peut être de diamètre beaucoup plus faible que le diamètre de la colonne, tout en donnant l'excentricité voulue.

Seulement, même avec les plus grandes dimensions de tubes, on fait toujours le trépan excentrique de même diamètre que le diamètre intérieur de la colonne pour diminuer, autant que possible, le porte-à-faux du trépan. On comprend que, plus le diamètre augmente, plus le porte-à-faux diminue, car le téton gagne en largeur.

Pour donner aux trépans de petit diamètre la plus grande excentricité utile, on restreint le diamètre de la maîtresse-tige et des emmanchements au minimum possible. Le côté du trépan diamétralement opposé à la redent est en ligne droite avec la périphérie de la maîtresse-tige (voir fig. 11, pl. I).

Avec les trépans de faible dimension, si l'on veut augmenter l'excentricité, il suffit de diminuer le diamètre du téton de la moitié de l'augmentation d'excentricité que l'on veut obtenir. Le téton fait un trou de son diamètre même ; il rejette donc tout le trépan et la maîtresse-tige sur le côté de toute cette augmentation d'excentricité.

Quelques sondeurs donnent une inclinaison d'environ 45° au tranchant du téton et de la redent pour faciliter la prise du trépan dans les parois du trou de sonde. Il est à remarquer que cette disposition n'augmente, en fait, pas considérablement l'efficacité d'excentricité du trépan ; elle a pour désavantage sérieux d'augmenter le porte-à-faux du trépan de la moitié de la largeur du téton. Nous ne croyons donc pas que cette modification du trépan Mac Garvey soit une heureuse application. En tous cas, le trépan Mac Garvey, tel que le montre la figure 11, pl. I, fonctionne admirablement bien, fait un trou bien vertical et bien égal dans lequel les tubes de garantie glissent bien librement. Il est donc inutile de chercher une autre forme de trépan qui ne pourra, certainement, pas donner de meilleurs résultats.

Pour remettre le trépan Mac Garvey à diamètre, on emploie une tringle bien droite se terminant suivant la forme indiquée par la figure 13, pl. I. Tout commentaire sur la manière de s'en servir est bien inutile; la figure l'indique bien.

L'enfoncement avec les trépans excentriques est moins rapide, en général, qu'avec les trépans ordinaires, parce que, faisant un trou plus grand, ils ont plus de surface à découper. Mais l'avantage que leur emploi donne d'avoir la sonde constamment protégée des éboulements par la colonne de tubes de garantie, a amené à leur emploi général.

DIMENSIONS DES EMMANCHEMENTS POUR TRÉPANS ET MAITRESSE-TIGES EN MILLIMÈTRES

N° d'ordre	Diamètre de trou de sonde dans lequel ces trépans et maîtresse-tiges sont employés	Diamètre du tenon à la base	Diamètre du tenon au bout	Hauteur du tenon	Hauteur du pas de vis	Nombre de filets par pouce	Diamètre de l'embase	Côté de la tige	OBSERVATIONS
A	De 12" au-dessus	105	85	110	3,3	(1) 8	160	130	Tout en fer
B	9", 10", 11", 12"	85	65	100	3,3	8	140	110	»
C	7", 8"	85	65	100	3,3	8	125	90	»
D	6"	75	55	80	3,3	8	105	75	»
E	5"	55	40	70	3,3	8	75	55	»
F	3"	40	25	50	3,3	8	50	35	»

(1) Un pouce égale 26,5 millimètres.

Des guides. — Dans le but d'empêcher le trépan de glisser de la verticale sur les couches dures qu'il rencontre, on le surmonte d'un guide à lames. Ce guide, figure 1, pl. II, se compose d'une tige cylindrique d'un diamètre en rapport avec celui de la maitresse-tige, et dans laquelle sont encastrées quatre lames en acier très dur qui lui sont assujetties par quatre forts rivets. Les lames, étant montées sur la tige, doivent faire un diamètre un peu plus faible que celui du trou de sonde : un centimètre de jeu suffit dans les terrains homogènes. Dans les terrains fortement ébouleux, il est dangereux d'employer un tel guide, car il se coince facilement par des fragments d'éboulements. Il est préférable, dans ce cas, d'employer un trépan à haute lame presque cylindrique sur toute sa hauteur et dont les cornières sont munies d'un tranchant incliné à leur partie supérieure.

DIMENSIONS DES GUIDES EN MILLIMÈTRES

Chiffre d'ordre	Longueur totale du guide	Longueur de la partie cylindrique	Diamètre de la partie cylindrique	Longueur des lames	Largeur des lames	Profondeur d'en-castrement	Diamètre des rivets	OBSERVATIONS
A.	1400	600	180	400	60	20	25	Tout en fer
B	1400	600	160	400	60	20	25	»
C.	1400	600	140	400	50	15	20	»

On emploie aussi des guides avec une tige carrée; les lames sont simplement maintenues par les rivets. Afin de renforcer ceux-ci, on ajoute des bagues qui prennent, mi-partie dans le corps du guide, mi-partie dans les lames, et qu'on fait traverser par les rivets. Cette disposition de guide est inférieure à la précédente, car la détérioration en est plus rapide, les lames étant simplement soutenues par des rivets.

Maîtresse-tiges. — Les maîtresse-tiges doivent provenir de bon fer sans soudures, sauf aux emmanchements. Elles doivent être d'une rectitude absolue, d'un diamètre le plus fort et d'une hauteur la plus courte possibles pour un poids donné (fig. 2, pl. II). Pour obtenir un effet plus utile du coup de sonde, il faut que toute la masse de la maîtresse-tige soit ramassée, aussi près du trépan que le permet le diamètre du trou de sonde. Avec une maîtresse-tige longue et mince dans un grand diamètre, on ne peut jamais obtenir le même avancement qu'avec une maitresse-tige courte et grosse; car elle fléchit sur elle-même au coup de sonde et subit des trépidations qui absorbent une grande partie de l'énergie de chute. Pour éviter toute flexion de la maîtresse-tige par le battage dans un grand diamètre, il est préférable de la construire effilée, grosse à l'emmanchement la raccordant au trépan, et plus mince au raccordement avec la glissière (fig. 3, pl. II). Une telle maitresse-tige présente l'avantage de rester assez longue pour donner un bon guidonnage et de porter toute l'énergie de chute sur le trépan.

DIMENSIONS DES MAITRESSE-TIGES EN MILLIMÈTRES.

Lettre d'ordre	Longueur totale	Diamètre de la tige	OBSERVATIONS
A.	5000	180	De forme tronconique.
B.	5000	160	» »
C.	9000	100	» cylindrique.
D.	9000	85	» »
E.	9000	75	» »

Glissières. — A la simple vue de la figure 4, pl. II, on comprend immédiatement le but de la glissière. Intercalée entre la maitresse-tige et les tiges, la première agit comme outil percuteur, tandis que les tiges ne servent qu'à imprimer le mouvement de levée et de chute à la maitresse-tige. La partie supérieure de la glissière glissant dans la partie inférieure à chaque coup de sonde, l'allongement propre des tiges se produit librement et permet de prolonger l'appui du trépan sur le fond, de manière à retirer tout l'effet utile du choc. S'il n'y avait pas de glissière, on serait obligé, pour éviter des ruptures ou le ploiement des tiges, de frapper sur le fond, en profitant de l'allongement de celles-ci comme on profite de l'allongement de la corde dans le système à la corde; on ne retirerait donc que peu d'effet utile de la percussion du trépan sur le fond. La présence d'une glissière dans la sonde permet également de frapper énergiquement de bas en haut avec les tiges pour dégager la sonde, quand celle-ci se trouve engagée dans le trou; sans la glissière on ne pourrait qu'opérer une traction sur les tiges sans grand effet utile : c'est donc un instrument précieux, absolument indispensable.

Après de nombreux essais de glissières de différentes formes, nous avons définitivement adopté, pour les grands diamètres, la construction que montre la figure 4, pl. II; c'est celle qui nous a donné une plus longue durée d'emploi, qui a le mieux répondu à tous les besoins et que nous recommandons à l'exclusion de toutes les autres. Pour les petits diamètres, de moins de $0^{m}070$, pour donner plus de résistance aux branches de la glissière, nous les construisons de section tronconique (fig. 5, pl. II). Une telle glissière ne peut résister à un aussi long emploi que celle des grands diamètres, car la partie frappante s'y réduit à une surface égale à l'ouverture des branches, tandis que dans l'autre, les oreilles qui servent de guidonnage augmentent de toute leur épaisseur la partie frappante. De la résistance aux chocs et à la traction d'une glissière dépend bien souvent la réussite d'un sondage, car, si le trépan ou la maîtresse-tige étant calés dans le trou, on fait des efforts de traction pour les en retirer et, si la glissière, n'étant pas assez résistante, casse, cette rupture entraine à de longs travaux de sauvetage si pas à la perte du sondage. Les glissières doivent donc venir de bon fer, fibreux, d'une seule pièce, sans soudures, sauf aux emmanchements. L'épaisseur des branches doit être aussi forte que possible, mais calculée cependant, de telle manière qu'il reste entre la glissière et les parois du trou de sonde un jeu suffisant pour que, en cas de besoin, on puisse la saisir extérieurement avec un instrument convenable. La glissière (fig. 5, pl. II), construite tout en acier, donne de bons résultats; la difficulté de construction réside dans le choix de l'acier qui doit être dur et tenace. Elle coûte aussi très cher.

DIMENSIONS DES GLISSIÈRES EN MILLIMÈTRES

Lettre d'ordre	Épaisseur des branches	Section des branches	Longueur des têtes frappantes	Course de la glissière	OBSERVATIONS
A	60	carrée	300	300	Toutes ces dimensions s'appliquent également aux glissières à branches de section tronconique.
B	60	»	300	300	
C	50	»	300	300	
D	40	»	300	300	
E	30	»	300	300	

La longueur des têtes frappantes ne doit pas dépasser 0^m30 : ce serait bien inutile, car, après avoir usé les deux tiers de cette longueur, les branches de la glissière sont tellement amincies par l'usage qu'elles deviennent trop faibles pour résister aux chocs, et finissent par se casser près des parties frappantes.

La meilleure course à donner à une glissière neuve est 0^m30 également. Au fur et à mesure de l'usure des têtes frappantes, cette course augmente et peut même devenir trop grande. On comprend qu'avec une trop longue course de glissière, si une tige vient à casser plus ou moins près de la surface pendant le travail de forage, et, si la profondeur du sondage est grande, sous le choc produit par la chute libre de toutes les tiges, la partie inférieure de celles-ci fléchit et se plie en tous sens. Il y a là donc un danger que l'on doit éviter en limitant la course de la glissière à une longueur convenable. La longueur de 0^m30 pour la course et les têtes frappantes est celle que la pratique nous a démontré la meilleure, et que nous donnons à toutes nos glissières depuis de longues années.

Raccords de glissières. — Chaque glissière possède un raccord avec les tiges, que le dessin d'une glissière (fig. 4, pl. II) montre bien, et que l'on visse assez légèrement pour, en cas d'accident, pouvoir le dévisser facilement et le remplacer par un raccord à de plus fortes tiges dites de sauvetage.

DIMENSIONS DES RACCORDS DE GLISSIÈRES EN MILLIMÈTRES

Lettre d'ordre	Diamètre du tenon à la base	Diamètre du tenon au bout	Hauteur du tenon	Hauteur du pas de vis	Nombre de filets par pouce	Diamètre de l'embase	Côté de la tige	OBSERVATIONS
A	70	50	85	33	8	105	80	Tout en fer.
B	70	50	85	33	8	105	80	»
C	65	50	80	33	8	100	75	»
D	55	40	70	33	8	75	60	»
E	55	40	70	33	8	75	60	»

Outils de curage.

Pour enlever du fond du trou de sonde les détritus arrachés par le trépan à la roche, on emploie des instruments appelés cuillères ou soupapes à boulet ou à clapet. Les cuillères à boulet s'emploient principalement pour l'enlèvement des sables, tandis que celles à clapet servent pour le curage des boues épaisses et des débris plus ou moins volumineux détachés des parois et tombés à fond. Une cuillère se compose d'un tuyau (fig. 6, pl. II), auquel une fourche munie d'un tenon fileté est rivée solidement. Le bas en est fermé par une frette munie d'un clapet et raccordée au tuyau par des rivets ou par un filet. Pour les grands diamètres, on emploie ordinairement une cuillère faite d'un tube rivé avec la frette à clapet aussi rivée sur lui. La figure 7, pl. II, montre le type ordinairement employé de 3 à 4 mètres de longueur. Pour les petits diamètres, on emploie des tubes en fer ou en acier étiré avec raccordements à vis.

On visse deux tubes ensemble, de manière à obtenir une longueur de 9 à 10 mètres; une fourche est rivée à la partie supérieure; à la partie inférieure se visse une frette à clapet dont il exise différents systèmes et que nous allons examiner.

Figure 8, pl. II. — Un manchon fileté *A* sur le pourtour, et au milieu duquel un rebord *B* est ménagé, se visse, d'un côté dans le manchon du tube, de l'autre dans un manchon fileté *C* à rebord tranchant, de telle façon qu'un vide y soit ménagé pour un clapet *D* qui est saisi entre le bout du manchon fileté *A* et le retrait *E* du manchon *A C*. Le clapet est muni d'un piton *F* qui l'empêche de se relever dans une position verticale et lui permet de se refermer facilement sous son poids. On est souvent obligé de dévisser le manchon *C*, soit pour nettoyer le clapet ou pour le réparer, soit parce que la cuillère est encombrée de détritus volumineux qu'on ne peut faire repasser par l'ouverture du clapet. Ce dévissage prend beaucoup de temps et est une cause d'usure rapide du filet. Pour obvier à ces inconvénients, un sondeur, M. Tanner, a inventé un nouveau dispositif très pratique (fig. 9, pl. II).

Il se compose, comme dans le dispositif précédent, d'un manchon *A* se vissant dans le tube, se raccordant à un second manchon *B* par des dents $a\ a'$ qui viennent prendre en dessous des dents $b\ b'$. Après avoir introduit le manchon *A* dans le manchon *B* en mettant les dents $a\ a'\ b\ b'$ en regard des encoches $e\ e'\ e''\ e'''$, découpées entre les dents $a\ a'\ b\ b'$, il suffit de lui faire faire un quart de tour pour qu'il soit solidaire du manchon *B*. Afin d'empêcher les manchons de tourner l'un dans l'autre une bague munie de deux dents $f\ f'$ de la largeur exacte des encoches $e\ e'\ e''\ e'''$ se place de telle façon que les dents $f\ f'$ viennent s'encastrer dans les encoches $e\ e'\ e''\ e'''$. Pour maintenir la bague *C* à demeure, un anneau fileté *D* vient s'appuyer sur elle et la presse avec force. Un clapet *E* se trouve pris entre le bout du manchon *A* et l'embase *F*, ménagée à cet effet dans le manchon *B*.

Le jeu d'une cuillère se comprend sans peine : quand elle descend dans le trou de sonde, le clapet, sous la poussée du liquide, se soulève et la boue pénètre à l'intérieur du tube; en la relevant, le clapet, sous son propre poids, retombe sur son siège et retient toute la boue que peut contenir le tube. Pour vider la cuillère, on la laisse poser sur un piston qui prend en dessous du clapet, celui-ci s'ouvre et la boue s'échappe. Si des détritus volumineux encombrent la cuillère et empêchent le clapet de se soulever ou même refusent de passer par l'ouverture du clapet, il suffit de détacher les deux manchons de la frette à clapet l'un de l'autre; les détritus, trouvant une plus grande issue, s'échappent facilement de la cuillère.

Suivant la nature des terrains, il est souvent indispensable d'employer telle et telle forme de clapet qui convient le mieux pour enlever les détritus du fond. Ainsi pour les vases, les boues grasses, le clapet à charnière (fig. 10, pl. II), est le meilleur, tandis que, pour les sables, les terrains graveleux, on emploiera de préférence le clapet à boulet (fig. 11, pl. II), qui se compose d'une plaque avec une ouverture centrale que le boulet (creux ou plein suivant les dimensions) bouche hermétiquement; pour régler le relèvement du boulet, un dôme en quatre branches est rivé sur la plaque et enveloppe le boulet. Dans les terrains très gras ou graveleux, on est souvent obligé de charger le clapet. Pour cela, il suffit de munir le clapet ou le boulet d'une tige, ainsi que le montre la figure 12, pl. II. Afin de maintenir la tige bien perpendiculaire à la plaque de soutien, on y rive au bout une croix un peu moins grande que le diamètre de la cuillère.

Pour les grandes profondeurs, on est quelquefois amené, pour abréger les

manœuvres à employer une cuillère double, afin d'enlever plus de liquide du trou de sonde. On réunit deux cuillères par un raccord à clapet (fig. 13, pl. II) qui se visse, d'un côté, dans la cuillère supérieure, de l'autre, dans la cuillère inférieure; cette dernière possède également à la base une frette à clapet. On descend donc les deux cuillères montées, comme l'indique la figure. Pour les vider, on les saisit par le milieu, un peu plus bas que le raccord, avec un collier à vis (fig. 14, pl. II); on sépare les deux cuillères par un dévissage en *A* et on les vide l'une après l'autre à la manière usuelle; pour relever la soupape inférieure, on se sert d'un raccord (fig. 15, pl. II) que l'on visse sur le tenon *B* du raccord *A*.

Outils accessoires.

Banc de manœuvre. — Pour faciliter les manœuvres de vissage et de dévissage des tiges, on fait reposer la sonde sur un banc de manœuvre qui permet d'avoir les emmanchements à une hauteur convenable. Il se compose (fig. 16, pl. II) d'une forte pièce de bois de chêne reposant, d'un côté, sur un escabeau *A*, de l'autre, sur un patin *B*. Une ouverture *C*, d'une certaine largeur, permet l'introduction de la sonde dans le banc; cette ouverture est fermée par un clapet *D*. Une forte tôle recouvre la pièce de bois pour en éviter une usure trop rapide. L'un des bouts du banc, celui sur lequel sont rangées les tiges, au fur et à mesure de leur retrait du trou de sonde, est garni d'un garde-fou pour empêcher le glissement et la chute des tiges. Ce banc tourne sur l'escabeau, de façon à pouvoir découvrir entièrement le trou de sonde suivant les besoins.

Fourche de retenue. — Pour retenir la sonde sur le banc de manœuvre, on emploie une fourche (fig. 14, pl. I) qui prend en dessous de l'épaulement des tiges. Cette fourche doit provenir d'un seul morceau de fer de bonne qualité; pour en augmenter la durée d'emploi, on soude une plaque d'acier sur le plat supérieur. Afin d'empêcher que, pendant les manœuvres de vissage ou de dévissage des tiges, celles-ci ne viennent à glisser de la fourche, on ménage, un peu en arrière de la partie carrée dans laquelle vient se loger la tige, un bourrelet sur chacune des deux branches, de manière que, une fois la tige logée dans la fourche et y reposant par son épaulement, elle ne puisse plus en sortir.

On emploie également la fourche que montre la figure 15, pl. I, mais elle est moins maniable que l'autre; elle sert surtout pour la manœuvre des tiges de sauvetage, car elle est plus solide.

Fourche de retenue à calle. — On est quelquefois obligé de maintenir la sonde composée de tiges en fer à n'importe quelle hauteur du fond. Dans ce but, on saisit la tige en plein corps à l'aide de la calle que l'on chasse dans la fourche.

Quand la sonde est composée de tiges en bois, on se sert du presse-tige à vis (fig. 15, pl. XXXIII), avec lequel on saisit la tige en dessous des ferrures.

Anneau-tournant. — Pour relever la sonde, on emploie un anneau-tournant (fig. 18, pl. II), muni d'une douille qui se visse sur le tenon des tiges. Pour faciliter les manœuvres, une chaîne d'une force et d'une longueur convenables y est soudée et raccordée au câble par des moraillons (fig. 18, 19, pl. I).

Contre-poids. — Pour activer le déroulement du câble sur le tambour de manœuvre, on intercale entre le câble et l'anneau-tournant de relevée un contre-poids (fig. 19, pl. II)

pesant de 80 à 100 kilogs. Les bouts de ce contre-poids sont munis de moraillons qui en permettent la réunion : d'un côté, à l'anneau-tournant, de l'autre, au câble de manœuvre.

Anneau-tournant à galets. — Afin de réduire la résistance à la rotation de la sonde et faciliter la viration du câble de manœuvre, on intercale, entre le contre-poids et le câble, un anneau tournant sur un train de petits galets (fig. 20, pl. II). Ce petit outil très simple, et que peu de sondeurs emploient encore, cependant, rend de grands services; car il évite que, sous la rotation à droite de la sonde, l'anneau-tournant vissé sur les tiges ne se dévisse de lui-même, et que l'ouvrier décrocheur n'ait trop à souffrir du détournement brusque de la corde quand, la sonde étant posée sur la fourche de manœuvre, il décroche l'anneau-tournant de relevée. Les manœuvres se font plus rapidement, avec moins de fatigue pour les ouvriers; on évite les accidents provenant du dévissage brusque de l'anneau de relevée si, pendant les manœuvres de descente de la sonde, celle-ci vient à poser, soit sur une colonne perdue, soit sur un arrêt quelconque dans le trou, et, de plus, la viration de la corde se fait plus librement, d'où plus longue durée d'emploi de celle-ci. Les avantages de cet outil sont donc sérieux.

Clefs de serrage. — Pour visser les outils percuteurs, on emploie des clefs (fig 5, pl. VIII); le bout en est façonné en fourche, dans laquelle viennent s'encastrer les maillons de la chaîne d'un levier, avec lequel on obtient une grande force de serrage. La figure 5, pl. VIII, montre la manière de se servir du levier de serrage. Pour le vissage des tiges, on se sert des tourne-à-gauche (fig. 16 et 17, pl. I).

Crochet de relevée. — Quand, la sonde étant descendue à fond du trou de sonde, on veut l'attacher à la chaîne du balancier, on la relève à la hauteur voulue en la prenant en dessous de l'épaulement de la tige à l'aide d'un crochet de relevée (fig. 21, pl. II).

Tête de sonde. — Pour relier la sonde à la chaîne du balancier, on emploie une tête de sonde (fig. 22, pl. II). Quand le poids de la sonde est très grand, par suite de la grande profondeur du trou, on emploie une tête de sonde à galets.

Câbles. — Les câbles de manœuvre et de curage sont exclusivement en fils d'acier de 1 m/m de diamètre; leur diamètre est respectivement de 25 et 18 m/m, et la longueur du câble de manœuvre, de 30 à 35 mètres; ils sont ordinairement zingués pour empêcher leur corrosion.

Dispositifs de forage pour les systèmes à la corde et à la glissière.

Treuil canadien. — Le treuil que montre la figure 1, pl. III, fut conçu et employé au Canada pour la recherche du pétrole. Du Canada, il fut importé en Europe où son emploi, en ces dernières années, a pris une extension considérable. Il se recommande par sa grande simplicité, par la facilité avec laquelle chaque pièce en peut être réparée ou remplacée, et par la grande rapidité de manœuvres qu'il donne. Dans son pays d'origine, ce treuil, avec lequel d'ailleurs on ne forait que des sondages de peu de profondeur, était presque entièrement construit en bois et très sommairement installé. Dans les pays pétrolifères d'Europe, où l'on est obligé de rechercher le pétrole jusqu'à des profondeurs de 900 et 1000 mètres, le treuil canadien est très solidement construit; toutes les pièces ayant une grande fatigue à supporter sont en fer ou en acier, toute la boiserie ou, au moins, la superstructure est ordinairement en

chêne et soigneusement ajustée. Tel qu'il est établi actuellement, notre treuil n'a plus qu'une faible ressemblance avec le véritable treuil canadien.

Le treuil canadien, tel que nous l'employons, se compose d'un soubassement *A B C* (voir fig. 1, pl. III), sur lequel viennent se placer le chevalet du balancier *D E F G* et les pièces transversales *H I*. Sur les traverses *H I* se placent les pièces de soutien *J K* des roues de commande; ces pièces *J K* et le chevalet du balancier supportent le chevalet *L M N O* du tambour de manœuvre. Une traverse *P* et des poussants *Q R* rendent les deux côtés du chevalet du tambour de manœuvre solidaires l'un de l'autre. Un balancier *S* prend appui par un axe saisi dans des paliers sur le chevalet et est relié à une manivelle *d* callée sur le bout de l'arbre *e* des roues de commande *f g* par une bielle *h*. Un rochet *i*, fixé à demeure sur le balancier par des étriers *j k* et des tirants *l m*, saisit une chaîne *n* qui passe ensuite sur le pourtour d'une tête de balancier *o* pour soutenir la sonde. Un tambour *p* sert à l'enroulement du câble de manœuvre qui passe sur la poulie de renvoi *q*, fixée sur un montant *r*, solidaire du soubassement du treuil, et que des poussants *s t* maintiennent à demeure fixe pour aller ensuite à la poulie de renvoi du haut de la tour. Un rouleau de friction *u* actionné par la tringle *v* et le levier *w* tend à volonté la courroie *x*. Une bande d'acier fait frein sur une jante *y* rivée sur le tambour de manœuvre par l'intermédiaire d'une tringle et d'un levier *z*. Des poussants maintiennent le chevalet du balancier dans une position fixe.

Un étrier de sûreté fixé sur une pièce transversale du treuil enveloppe le balancier et le retient en cas de rupture de la bielle ou du bouton de la manivelle.

On comprend facilement la manœuvre du treuil : quand on veut perforer, le balancier *S* est attaché par la bielle *h* à la manivelle *d*, la sonde est suspendue à la chaîne du balancier et le mouvement de battage est donné par la roue de commande *g*, qui reçoit son mouvement circulaire par courroie d'un moteur quelconque; quand on veut remonter la sonde, on emploie le tambour de manœuvre *p* qui reçoit son mouvement de la poulie *f* par la courroie *x*.

Nous examinerons les différentes pièces qui méritent une description spéciale.

Tête de balancier. — Cette pièce (fig. 2, pl. III) est en fonte et se compose d'un cylindre, sur le pourtour duquel court une rainure hélicoïdale et qui est emmanché sur une pièce de bois de chêne fixée sur le balancier à l'aide d'étriers. Le frottement de la chaîne sur la tête du balancier absorbe la plus grande partie de la force de traction de la sonde par son poids, et permet un maniement plus facile de la roue à rochet qui commande l'arbre sur lequel la chaîne s'enroule.

Appareil de lâchage. — Cet appareil (fig. 3, pl. III) se compose d'une roue dentée en acier coulé *A* caléo sur le bout d'un arbre *B* pris dans un cadre en fer *C*. Un levier *D* oscille sur un boulon qui le retient au cadre *C* et porte une dent *E* qui saisit la roue *A* par les dents qui la garnissent. Un boulon transversal *F* donne la rigidité voulue au cadre *C*, tandis que les deux tirants *G H* compensent la traction de la chaîne. Le bout de l'arbre *B* ressort suffisamment de la roue dentée pour qu'une manivelle, que l'on peut enlever à volonté, puisse saisir sur le carré qui y est façonné et permette d'enrouler la chaîne à nouveau rapidement sur l'arbre.

Le jeu de cet appareil est simple à saisir : sous la traction de la chaîne, la roue est entraînée dans un mouvement circulaire. Si on soulève le levier, la roue tournera aussi longtemps que, en retombant, il ne la ressaisit pas par une dent quelconque (pour hâter sa chute, on y applique un ressort *I* qui le force à se rabattre aussitôt que l'on

cesse d'appuyer sur lui). En réglant donc la durée de soulèvement du levier, on peut laisser la roue tourner d'une quantité plus ou moins grande et la chaîne se dérouler d'une longueur voulue.

Pour diminuer l'effort de soulèvement du levier *D*, on fait un renvoi de mouvement par l'intermédiaire d'un balancier *L* et de tringles *M N*.

Manivelle. — La manivelle (fig. 4, pl. III) doit être en fer forgé ou en acier coulé et non en fonte, car elle a une très grande fatigue à supporter. Elle possède trois trous qui correspondent à trois courses différentes : une de 0^m40, une de 0^m50 et la dernière de 0^m60. Un bouton (fig. 5, pl. III) est cerné dans le trou correspondant à la course désirée par un écrou *a* que l'on serre solidement. Un second écrou *b* se dévisse à volonté et sert à maintenir la bielle sur le bouton.

Bielle. — La bielle (fig. 6, pl. III) se compose d'une tige ronde ou carrée terminée à l'un de ses bouts en étrier, dont les branches sont réunies par un boulon bien tourné, qui saisit le balancier sur toute sa largeur par l'intermédiaire d'un palier; l'autre bout est également façonné en étrier dans lequel vient se loger un palier en bronze, possédant une ouverture du diamètre du bouton de la manivelle et dont le serrage est réglé par deux calles.

Tambour de manœuvre (fig. 7, pl. III). — Provient d'un tube *A* sur les bouts duquel sont rivés deux plateaux *B C* traversés par l'arbre *D* qui y est callé. Sur le tube sont rivés deux anneaux de fer en *I* sur lesquels deux plateaux en tôle sont rapportés; ces plateaux supportent également, par deux cercles de fer en *T*, la jante du tambour. Sur le côté de celui-ci est rivée la jante du frein *G*.

Rouleau de friction (fig. 8, pl. III). — Le rouleau de friction *A* est soutenu par les bouts de son axe dans les paliers *B G* d'un cadre en fer méplat suspendu sur une tringle *E*. On le dispose le plus près possible de la roue de commande pour augmenter l'adhésion de la courroie. Pour régler la longueur des tringles de suspension du rouleau, on les fait passer dans des crapaudines *F G* portées par la tringle de soutien *E* et dans lesquelles elles sont cernées par des vis d'arrêt *f f*.

Roues de commande (fig. 9, pl. III). — Se construisent en madriers de 2″ d'épaisseur rapportés sur un croisillon en chêne, et cloués l'un sur l'autre en se contrariant. Des boulons transversaux renfortifient l'assemblage. Au centre du croisillon sont rapportés des colliers en fonte (fig. 10, pl. III), en deux pièces, réunis l'un à l'autre et serrés sur le croisillon par des boulons. La roue de commande du treuil a 1700, celle de la courroie de manœuvre 1400 millimètres de diamètre.

Contre-poids du balancier. — Pour contrebalancer le poids de la tête et de la chaîne du balancier, on place sur ce dernier, près du point d'attache de la bielle, un nombre plus ou moins grand de blocs en fonte que montre la figure 11, pl. III.

Arbre de couche. — Possède une longueur de 2^m50 et un diamètre de 110 millimètres. Deux rainures longitudinales diamétralement opposées y sont pratiquées pour permettre le callage des roues de commande.

Attache du poteau de la poulie de renvoi. (Fig. 12, pl. III). — Afin de rendre le poteau bien solidaire du treuil, on passe une bride A en dessous d'une des pièces de soubassement, et on la réunit par deux boulons aux oreilles B C fixées solidement sur le poteau également par des boulons.

Paliers (fig. 13, pl. III). — Se font en bois de chêne ; on garnit l'ouverture pour l'arbre qui doit y venir d'une composition de zinc, d'étain et d'antimoine.

Dispositifs de curage au treuil canadien.

Pour curer le trou de sonde, on munit le treuil canadien d'un dispositif dont il existe quelques sortes. Nous ne décrirons que les plus pratiques, ceux généralement employés.

Dispositif Mac Garvey (fig. 14, pl. III). — Comme on le voit, le tambour de curage se trouve exactement au-dessus du tambour de manœuvre et prend appui sur des chevalets secondaires. La transmission de mouvement se fait par courroie.

La transmission de mouvement des leviers de manœuvre au rouleau de friction et au frein se fait par l'intermédiaire de poulies de renvoi et de chaînes (fig. 16, pl. III).

Ce dispositif a l'inconvénient grave d'avoir le tambour de curage trop en dehors de l'axe du treuil : la cordelette, tendant toujours à se rapprocher de cet axe, s'enroule plus volontiers sur le bout du tambour le plus rapproché de l'axe, tout en mont ; il se produit des glissements, des déroulements brusques, un frottement exagéré de la cordelette sur elle-même, d'où détérioration rapide de celle ci. De plus, la poulie de renvoi sur la tête de la chèvre (fig. 15, pl. III) se trouve à côté de la poulie du câble de manœuvre, donc en dehors de l'axe du trou de sonde ; il y a frottement de la cordelette sur une paroi du trou, ce qui aide encore à son usure rapide.

Dispositif Petit (fig. 1, pl. IV). — Pour éviter les inconvénients que justement présente le dispositif Mac Garvey, nous agençons notre dispositif de curage d'une autre manière. Ici, le tambour de curage se trouve derrière le tambour de manœuvre et est assez long pour que son noyau dépasse l'axe du treuil. Par cette disposition, la cordelette n'est nullement entravée dans son enroulement, et celui-ci se produit bien régulièrement. La transmission de mouvement se fait aussi par courroie. La transmission de mouvement des leviers de commande du rouleau de friction et du frein se fait par des leviers callés sur des arbres oscillant dans des paliers fixés sur la pièce supérieure du chevalet du balancier. La poulie de renvoi du haut de la chèvre est suspendue sur le bloc de la poulie du câble de manœuvre par un étrier à crochets, qui prend sur la pièce de bois par l'ouverture faite pour la poulie de manœuvre, et cela de chaque côté de celle-ci de façon que la cordelette de curage tombe juste sur le même axe que le câble de manœuvre (fig. 12, pl. IV). Ce dispositif nous donne les meilleurs résultats ; nous avons travaillé avec une cordelette pendant cinq ans et foré 12 sondages de 600 à 700 mètres de profondeur avec elle. Nous ne croyons pas que, par l'emploi d'autres dispositifs, on puisse citer d'aussi bons résultats.

Notre dispositif de curage permet d'employer facilement le système à la corde, car le tambour, présentant une grande longueur, permet un enroulement considérable de corde, même de fort diamètre. Pour le système à la corde, le treuil canadien ne subit aucune transformation : en lieu et place de la cordelette de curage, employée pour le système à sonde articulée, s'enroule le câble de forage. Au bout du câble s'attache l'outil percuteur; on rattache la cordelette à la chaîne de battage du balancier par un siège à mâchoires (fig. 1, pl. I), qui la prend en plein corps à n'importe quelle hauteur. Au fur et à mesure de l'enfoncement, on laisse glisser la chaîne de la quantité voulue.

Quelques sondeurs emploient encore un autre moyen : ils prennent un câble d'une longueur égale à la profondeur du trou de sonde, et, au fur et à mesure de l'enfoncement, ils ajoutent des allonges en fer. Quand ces allonges atteignent trop une

grande longueur, 30 ou 40 mètres, ils les remplacent par un bout de corde qu'ils éplissent sur le câble de forage. Pour la remonte, ils enlèvent premièrement les tiges, puis rattachent le câble au bout d'un second câble, dont l'autre bout est enroulé sur le tambour, et ensuite remontent l'outil percuteur sans interruption. Ce procédé présente l'inconvénient d'occasionner une perte de temps mise au dévissage des tiges et à l'accrochage des deux câbles. Cependant, malgré cette légère perte de temps, les manœuvres de remonte et de descente de l'outil percuteur se font très rapidement : en quelques minutes, pour une profondeur de cinq à six cents mètres.

Pour relier la corde, soit à l'outil percuteur, soit à la soupape de curage, nous nous servons d'un anneau-tournant (fig. 2, pl. IV). Le bout de la corde, après avoir été éplissé sur lui-même, est glissé entre les deux branches de l'étrier que l'on réunit par trois ou quatre rivets, qui traversent la corde de part en part. Cet anneau tournant nous a toujours donné les meilleurs résultats; il offre l'avantage de prendre peu de diamètre : nous en avons employé qui avaient $0^{m}030$ de diamètre et offraient toute la résistance désirable. Si, pour une cause quelconque, la soupape de curage ou l'outil percuteur se trouvent calés dans le trou, après avoir coupé le câble au ras de l'anneau-tournant, on peut saisir celui ci en dessous de son raccord avec un instrument convenable, et opérer toute la traction désirable pour libérer l'outil engagé. On emploie encore d'autres anneaux-tournant (fig. 3 et 4, pl. IV), mais ceux-ci présentent un trop fort diamètre, sont plus compliqués et ne donnent pas de meilleurs résultats.

Afin de pouvoir détacher la corde de la maitresse-tige dans le trou de sonde, en cas où le trépan se calle et où l'on ne peut le dégager à l'aide de la corde, nous avons inventé un anneau-tournant décrochable (fig. 5, pl. IV) qui donne les meilleurs résultats. Il se compose d'une douille *a* fendue longitudinalement sur une hauteur convenable, et qui est serrée sur le tenon *b* muni d'un filet carré discontinu par un fourreau *c*. Ce fourreau *c* possède deux rétrécissements *d e* qui glissent à frottement dur sur la douille *a*. La corde *f* est rivée dans la douille *a*. L'anneau décrochable s'emploie monté comme le montre la figure. Pour le détacher de la sonde, il suffit de laisser tomber en chute libre, dans le trou de sonde, un poids *g* venant de deux pièces reliées par des boulons à têtes cachées et qui embrasse librement la corde de battage. Par sa chute sur le fourreau *c* de l'anneau, celui-ci s'abaisse, tandis que la douille, sous son effet de ressort, s'ouvre et lâche le tenon *b*. On peut ensuite retirer la corde avec la partie supérieure de l'anneau et le poids décrocheur. N'étant plus gêné par la présence de la corde dans le trou de sonde, on peut alors facilement travailler à la retraite de la sonde.

Treuil Petit. — Le treuil canadien présente l'inconvénient d'avoir son tambour de manœuvre sur le côté du treuil et d'exiger la présence d'une poulie de renvoi du câble de manœuvre, ce qui est une cause d'usure rapide de celui-ci.

Pour permettre au câble de manœuvre d'aller directement du tambour au sommet de la chèvre, nous construisons notre treuil, comme le montre la fig. 6, pl. IV. Il se compose d'un soubassement *A B C*, sur lequel viennent se placer le chevalet *D E F G* du balancier *H* et les pièces transversales *K L*; sur ces dernières se placent les pièces de soutien *I J* des paliers de l'arbre de couche *a*. Un chevalet *M N O P Q* repose, d'un côté, sur la traverse *K*, de l'autre, sur les montants *D F* du chevalet du balancier, et supporte le tambour de manœuvre *R*. Un troisième chevalet *S T U*, dressé sur les pièces *K G*, soutient le tambour *X* de curage (fig. 14, pl. IV), dont l'arbre est pris

par les deux bouts et, entre le moyeu et le tambour, par les paliers *b c d*. Des tirants *e f g h* donnent la rigidité voulue à l'ensemble. Deux câbles de manœuvre partent de chaque bout du tambour *R*, vont passer sur deux poulies (fig. 11, pl. IV), au sommet de la chèvre, et viennent se relier au contre-poids *i* (fig. 10, pl. IV), par l'intermédiaire d'un levier oscillant *j*. Cette disposition de deux câbles, l'un à gauche, l'autre à droite, a pour but d'empêcher toute viration de la sonde pendant la remonte ou la descente; elle est, de plus, un surcroît de sécurité, car, si un câble vient à casser pendant les manœuvres, le second continue à soutenir tout le poids de la sonde et empêche celle-ci de tomber. Quand la profondeur du sondage devient grande, et que le poids de la sonde est trop fort pour que les manœuvres puissent se faire par traction directe, on emploie un seul câble, d'une longueur suffisante, pour que, après avoir passé sur une poulie mobile, ses deux bouts aillent rejoindre les deux bouts du tambour; si l'on veut augmenter la force, on détache un bout du câble du tambour et on le relie à une attache *k*; on a de la sorte un mouvement de palan simple. Toute la transmission de mouvement se fait par courroies. Les rouleaux de friction sont disposés autrement que sur le treuil canadien.

Sur la pièce *L* du treuil sont attachées, à l'aide de boulons, de chaque côté des poulies de commande des tambours, des chaises en fonte *k l* (fig. 7, pl. IV), qui portent des tringles en fer méplat, soutenant les rouleaux de friction par des paliers munis de blocs de bois dur. Des tringles de traction viennent saisir, par l'intermédiaire de charnières, des prolongements venant des paliers; ces charnières se vissent dans des douilles, venant de chaque branche de la tringle de traction et peuvent s'allonger ou se raccourcir à volonté : ceci dans le but de régler facilement le parallélisme du rouleau de friction avec l'arbre de couche. Les leviers de commande des rouleaux de friction et des freins sont soutenus par une console en forte tôle, serrée par des vis sur le chevalet du balancier. Les bandes de frein sont construites en deux pièces, réunies par une vis de compensation (fig. 8, pl. IV) et soutenues, d'un côté, par des consoles, de l'autre, par des leviers de commande; elles sont, de plus, garnies de sabots en fonte tendre que l'on peut changer quand ils sont trop usés.

Les poulies de commande sont construites en tôle de 5 millimètres d'épaisseur (fig. 9, pl. IV). Sur un moyeu en fonte sont rapportés et rivés deux plateaux supportant, à l'aide de cercles en fer en T, la jante de la poulie; de chaque côté du moyeu viennent s'appliquer des colliers en fonte en deux pièces, de même forme que ceux des roues en bois du treuil canadien, et qui sont rendus solidaires de la poulie par des boulons qui traversent le tout.

Nous avons perfectionné l'appareil de lâchage de la chaine de forage et le construisons comme le montre la fig. 1, pl. V. Le levier *A* est prolongé au delà de son point d'attache au cadre *B*, pour supporter un doigt arrêteur *D*, d'une largeur convenable; ce doigt glisse sur une poulie *E*, supportée par un bras venant du cadre même et est disposé de façon que, en soulevant le levier *A* pour libérer la roue dentée *F*, le doigt arrêteur *D* s'abaisse et bute contre une des dents; si on lâche le levier *A*, la roue, entrainée par la chaine, tourne en repoussant le doigt arrêteur qui, sous l'action de la poulie *E*, se soulève et lâche la dent qu'il avait saisie, tandis que le levier *A* ressaisit la roue par la dent qui suit immédiatement celle qu'il avait lâchée. On comprend que, par le double mouvement simultané de saisie et de lâchage de la roue, celle-ci ne peut tourner que d'une quantité égale à l'intervalle qui sépare

les dents l'une de l'autre. L'allongement de la chaine devient donc automatique et ne dépend plus de la plus ou moins grande habileté de l'ouvrier sondeur. Un ressort à boudin relie le levier *A* au doigt arrêteur *D* et rend leurs mouvements encore plus étroitement solidaires l'un de l'autre.

Pour obtenir un meilleur réglage de la longueur de la chaîne de battage, nous avons inventé un autre dispositif qui donne encore de meilleurs résultats.

Il se compose d'un cadre en fer coulé *A* (fig. 2, pl. V) traversé par l'arbre d'enroulement de la chaîne *B*. Sur le bout de cet arbre *B* est calée une roue d'engrenage *C* engrenant avec une vis sans fin *D*. La vis *D* passe dans un palier *E*, qui peut recevoir un mouvement de relevée et de baisse dans son guidonnage par la vis à volant *F*, et dans une bague *G* (fig. 3, pl. V) portant deux tourillons *H I* qui peuvent osciller dans les paliers *J K* du cadre *A*. Sur le bout de la vis *D* est calée une poulie à gorge qui reçoit son mouvement par l'intermédiaire d'une corde ou encore d'une chaine.

Le maniement de ce dispositif est simple : quand on veut enrouler la chaine sur l'arbre *B*, il suffit de désengrener la vis sans fin *D*, en soulevant le palier *E* à l'aide de la vis *F*, et de faire tourner à la main l'arbre *B* à l'aide d'une manivelle *L* que l'on place sur un carré ménagé dans le bout de l'arbre *B*. En abaissant le palier E on engrène de nouveau la vis sans fin avec la roue d'engrenage *C* et l'on peut faire tourner celle-ci dans un sens ou dans l'autre suivant les besoins.

La tête de balancier est construite comme le montre la figure 4, pl. V. C'est un cylindre de fonte *A L*, sur le pourtour duquel court une rainure élycoïdale et qui s'applique sur le balancier à l'aide des patins *B C*. Un guidonnage *D* maintient la chaine constamment dans un même plan ; nous évitons de la sorte un ballottement exagéré de la sonde pendant le battage.

La bielle (fig. 13, pl. IV) est d'une très grande solidité ; le palier reçoit un mouvement de serrage par une vis vissée à même la bielle ; un écrou sert à maintenir la vis dans une position fixe.

Ce treuil, simple et solide à la fois, nous donne les meilleurs résultats. Tel que nous le construisons maintenant il est le meilleur que l'on puisse appliquer au travail à la glissière.

Treuil Wolski. — Pour éviter l'emploi de courroies pour la transmission du mouvement des poulies de commande aux tambours d'enroulement des câbles, courroies toujours coûteuses et se détériorant facilement, M. Wolski leur substitue des embrayages à friction qui donnent une grande adhérence, tout en demandant peu d'effort de la part de l'ouvrier qui commande le treuil. Il agence son treuil, suivant la figure 5 pl. V. Comme on le voit, la boiserie fondamentale du treuil, le balancier, ainsi que son chevalet, restent les mêmes qu'au treuil canadien. Les tambours d'enroulement des câbles, au lieu de se trouver en l'air, au-dessus des poulies de commande, sont placés sur l'arbre de couche qui transmet le mouvement du moteur à la manivelle de battage.

Le tambour T^1 (fig. 7, pl. V) relié étroitement avec les jantes de frein S^1 S^2, tourne follement sur l'arbre de couche qui reçoit son mouvement circulaire de la poulie *R*.

Sur la jante S^1 se trouve placée une bande de frein, dont les bouts sont attachés à la poulie *R* et qui suit le mouvement de celle-ci. La jante S^1 et le tambour T^1 seront donc entraînés par la poulie *R*, si la bande de frein est plus ou moins serrée sur la jante S^1. Ce serrage s'obtient à l'aide du levier h^1, callé sur un petit arbre, traversant à frottement doux la poulie *R* et portant, à son autre bout, un second levier h^2, commandé par une chaine *d*, qui s'enroule sur un tambour T^2, relié étroi-

tement à la jante de frein S^2 et tournant follement sur l'arbre de couche. Si l'on serre la bande de frein sur la jante S^2, la roue R étant en mouvement, la chaine d s'enroule sur le tambour T^2, attire le levier h^2 qui amène un serrage de la seconde bande de frein sur la jante S^1, par l'intermédiaire du levier h^1. Le tambour T^1 est entraîné dans le mouvement circulaire de la poulie R. Une seconde jante de frein S^3 fait corps avec le tambour T^1, et sert à modérer le mouvement de dévidage du tambour pendant la descente de la sonde. Les freins sont commandés par des leviers et des tringles de traction. Le câble de manœuvre part du tambour d'enroulement, passe sur une poulie de rappel, montée sur un poteau, ensuite sur la poulie du haut de la chèvre pour aller rejoindre le contre-poids. Le tambour de curage T^3 (fig. 6, pl. V), est actionné par un embrayage semblable à celui du tambour de manœuvre; la cordelette part du tambour, passe sur une poulie de renvoi, fixée sur le semelage de la chèvre, et va rejoindre une poulie, suspendue sous la pièce de soutien de la poulie du câble de manœuvre sur le sommet de la chèvre.

Un frein est également attaché au tambour pour en modérer l'allure pendant la descente de la cuillère.

Le seul avantage du treuil Wolski est de supprimer les courroies. En revanche, il présente des inconvénients sérieux : les câbles doivent passer sur des poulies de renvoi, comme au treuil canadien; les manœuvres n'ont pas cette douceur à l'enlèvement et au reposage de la sonde sur la fourche de retenue que donne une courroie, et se font toutes par chocs brusques, ce qui, en cas d'accident surtout, est des plus mauvais; de plus, le battage à la glissière, pour dégager un outil engagé, n'a pas l'efficacité que l'on obtient avec les courroies. Nous croyons que l'avantage de supprimer les courroies, si coûteuses qu'elles soient, ne peut pas compenser la facilité de maniement de celles-ci.

Cependant, beaucoup de sondeurs emploient le treuil Wolski pour son seul avantage.

Chèvres. — La chèvre, devant supporter souvent des fatigues considérables, soit par la traction des palans, soit par les chocs lors du battage à la glissière, doit être construite soigneusement et d'une manière très solide. On doit lui prévoir un coefficient de sécurité très élevé, car, bien souvent, on est entrainé à opérer des tractions avec les palans qu'on n'avait pas prévues. Une tour, mal ou faiblement construite, peut, pendant les efforts de traction, céder d'un côté ou de l'autre et occasionner des accidents profondément regrettables.

On construit parfois la chèvre en pièces de bois carrées pour les montants et que l'on réunit ensuite à l'aide de croix de St-André (fig. 1, pl. VI), ou bien en madriers de 2 ou 3 pouces d'épaisseur, que l'on cloue l'un sur l'autre, comme pour le système à la corde (fig. 2, pl. VI).

Manière de construire une chèvre (Système canadien)

Après avoir placé bien de niveau le fondement de la chèvre composé de quatre pièces de bois de 6 mètres de longueur et de 0m25 ou 0m30 de côté, on place sur celles-ci les deux semelles sur lesquelles seront fixés les quatre montants de la chèvre. On trace sur ces semelles l'écartement intérieur exact des montants qui est de 5 mètres et un trait juste au milieu des points où doivent être cloués ces montants.

Cela fait, on coupe à longueur les madriers qui composeront les montants: la hauteur de la tour étant ordinairement de 17^{m}50, la longueur des madriers devra être de 5 mètres. Un côté des montants doit venir de madriers de 0^{m}20 de largeur, l'autre côté de madriers de 0^{m}25 sur 0^{m}05 d'épaisseur. On place donc 12 madriers de 0^{m}25 et 12 autres de 0^{m}20 sur un tréteau et on les coupe à longueur. Des 12 madriers de 0^{m}20 on en prend quatre que l'on scie en deux parties égales, de manière à obtenir huit pièces de 2^{m}50 de longueur. On réunit ensuite en équerre, avec des clous de longueur suffisante (0^{m}10) un madrier de 5 mètres de longueur et de 0^{m}25 de largeur avec un autre madrier de 2^{m}50 de longueur et 0^{m}20 de largeur. On forme de cette façon les bases des quatre montants. A l'aide du gabarit (fig, 3, pl. VI) on trace l'inclinaison voulue au bout du montant qui vient s'appuyer sur la semelle, et on abat à la scie ce qui ressort du trait tracé. On dresse alors chaque montant sur sa semelle à l'endroit préalablement tracé sur celle-ci, et on l'y fixe par de forts clous. On prend deux madriers de 5 mètres de longueur, dont les bouts sont sciés suivant l'inclinaison donnée par le gabarit, et on les cloue à l'intérieur des montants d'une semelle à l'autre, de manière à former un tout solidaire. On trace d'un trait de scie le milieu de ces traverses, de manière qu'une corde passant par ces encoches, et tirée d'une traverse à l'autre, donne au point de rencontre d'une seconde corde, passant par le milieu de chaque semelle, le centre exact de la chèvre. Avec une corde, on mesure les diagonales du carré formé par les montants de la chèvre et on repousse les semelles, soit dans un sens, soit dans l'autre, si le besoin s'en fait sentir, pour obtenir un carré parfait.

Alors vient le coupage à longueur des autres traverses et des poussants, que l'on pose à terre par rang d'ordre, les traverses et les poussants de même longueur ensemble. Des quatre traverses de chaque étage, deux doivent être de 0^{m}10, soit deux épaisseurs de madriers plus courtes que les deux autres. Les traverses doivent être de 0^{m}150 sur 0^{m}05 et les poussants de 0^{m}125 sur 0^{m}05. Quand toutes les pièces sont prêtes, on monte la chèvre en clouant les madriers l'un sur l'autre par rang d'ordre ; on a soin, après avoir cloué un nouvel étage de traverses et avant de clouer les poussants, de vérifier au fil à plomb si les montants ne dévient pas. Dans ce but, une encoche doit être préalablement taillée au milieu de chaque traverse, de manière qu'en y passant le fil à plomb, celui-ci ne se déplace pas. Pour que la tour soit bien perpendiculaire il faut que le fil à plomb tombe toujours sur une des cordes tendues au travers du fondement.

Quand la chèvre est arrivée à la hauteur voulue, on la coiffe d'une couronne très solide. Après avoir cloué huit traverses, tant intérieures qu'extérieures, et qui peuvent, pour plus de solidité, être de toute largeur sur les montants au ras des extrémités de ceux-ci, et bien de niveau, on remplit l'intervalle qui les sépare par une troisième rangée de madriers et on cloue ces trois épaisseurs de traverses ensemble, sur toute leur longueur (fig. 4, pl. VI). Cela fait, on cloue à plat sur la tête de la chèvre trois ou quatre étages de madriers, de telle manière que chaque étage dépasse de 0^{m}05 extérieurement celui sur lequel il est cloué (fig. 5, pl. VI). Afin de renforcer la couronne, on place deux solides pièces de bois carrées en dessous de la pièce qui porte les poulies. Pour finir, on dispose à l'intérieur de la tour, et à une hauteur correspondante à la longueur des tiges de forage, les planchers sur lesquels l'ouvrier décrocheur se placera. On laisse ressortir un peu les traverses de soutien du plancher supérieur à l'extérieur de la tour, de manière à pouvoir y établir un balcon de sauvetage.

Quand on veut construire la chèvre plus solide, on emploie des madriers de plus fortes dimensions pour les montants. Pour les traverses et les poussants, les dimensions données plus haut conviennent parfaitement pour une chèvre capable de résister à une charge de 25 à 30,000 kilogs, pourvu que les montants soient assez solides. Pour renforcer la chèvre, on peut encore y ajouter des montants venant de pièces carrées de 0m15 à 0m20 de côté à l'intérieur, et que l'on réunit aux montants en madriers à l'aide de boulons.

Pour garantir le personnel et tout le matériel des intempéries, on recouvre la chèvre avec des planches de 1″ d'épaisseur.

Quant aux baraques de recouvrement du treuil, de la machine et de la chaudière, on en construit la charpente avec des madriers de 0m150 sur 0m05, et on la recouvre ensuite de planches d'un pouce d'épaisseur.

On construit également des tours tout en fer dont les montants viennent de fer en équerre, les traverses de fer méplat et les tirants en fer rond, le tout rivé ou serré avec des boulons. Une chèvre en fer, bien construite, présente incontestablement plus de sécurité qu'une chèvre en bois, mais son prix est aussi beaucoup plus élevé; aussi son emploi est-il réservé aux cas spéciaux. Dans les exploitations pétrolifères, où les puits donnent de grandes productions de pétrole par jaillissements violents, il y intérêt à n'employer que des constructions en fer : chèvre, treuil, baraques de recouvrement du treuil et de la machine, car, en cas d'incendie, les dégâts sont bien moins importants. Un matériel tout en fer, pouvant servir au forage d'un grand nombre de puits, l'amortissement de son prix d'achat, réparti sur chaque puits, a peu d'importance et passe presque inaperçu.

On pourrait construire la charpente de notre treuil en tôle pliée èn double équerre, de un à deux centimètres d'épaisseur pour les parties les plus fatiguées, et d'un demi-centimètre pour le reste. Des équerres rivées d'un côté, boulonnées de l'autre, maintiendraient chaque pièce sur celle qui la soutiendrait, de sorte qu'il suffirait d'enlever les boulons pour démonter le treuil entier. Les baraques seraient également tout en fer, les charpentes de fer en équerre et les couvertures de tôle plane ou ondulée.

Le seul inconvénient que présentent les constructions tout en fer est, qu'en cas d'incendie, sous leur poids toutes les pièces de ces constructions se plient et perdent leurs formes.

Manière de monter une chèvre à montants carrés.

On place les quatre montants à plat sur le sol et on les réunit, d'un côté à la semelle, de l'autre côté à la couronne. Cela fait, on enlève l'extrémité supérieure des montants sur un chevalet de soutien d'une certaine hauteur (fig. 6, pl. VII), et on fixe les croisillons sur les montants. A l'aide d'un palan attaché, d'un côté à un poteau solidement fixé en terre, de l'autre à une espèce de traîneau sur lequel on place la semelle d'un des côtés de la chèvre, on dresse par traction les quatre montants de la tour d'un seul trait. Ensuite, on écarte les deux côtés de la couronne de la distance voulue l'un de l'autre, après avoir détaché les deux parties des fortes charnières en fer qui les réunissaient. On monte le semelage de la couronne, puis on relie les deux côtés de la chèvre à l'aide des traverses et des croisillons, et la tour est montée.

On peut construire rapidement une chèvre, par ce procédé, d'une hauteur de 17 à 18 mètres, avec la plus grande facilité. On comprend que toutes les pièces de la chèvre doivent être, au préalable, soigneusement ajustées de manière, qu'on n'ait plus qu'à les réunir, à l'aide des boulons, sur les quatre montants dressés.

Quand un sondage est fini, bien souvent on ne démonte pas le matériel, mais on le transporte tout monté, si le profil du sol le permet, du puits fini au puits suivant, sur des rouleaux, à l'aide d'un palan avec des chevaux, ou encore à l'aide d'un treuil à main ou à vapeur. Le transport se fait de la sorte très rapidement et sans grands frais. On relie le semelage de la tour et des baraques qui recouvrent la machine et la chaudière à l'aide d'un croisillon en fer, de manière qu'il soit bien rigide et que la tour ou les baraques ne se déforment pas. On attache le palan, d'un côté à la partie du matériel que l'on veut trainer, de l'autre à un solide piquet fixé en terre ; les manœuvres sont très simples et ne demandent qu'un peu de pratique. En hiver, on tire le matériel sur la neige sans le secours même de rouleaux.

Système à chute libre.

Dans certaines formations on a parfois des terrains excessivement durs à traverser et dans lesquels le forage à la glissière avance très lentement. Pour obtenir, avec le système à la glissière, un avancement satisfaisant, on est obligé de donner un poids considérable à la maîtresse-tige et de marcher à une grande vitesse de battage. Et justement, dans les terrains très durs, un battage rapide avec une maitresse-tige très pesante présente d'énormes difficultés, car le trépan, en tombant sur la roche, rebondit à une hauteur désordonnée et retombe avec violence sur la glissière, en occasionnant des ruptures de celle-ci, des tiges ou de quelque organe du treuil ou du moteur. L'avancement est entravé par les réparations constantes de l'outillage, et il arrive parfois que l'on travaille des journées entières sans avancer d'un centimètre.

En vue de réduire la fatigue de tout le dispositif de forage, tout en obtenant un avancement plus rapide, on remplace la glissière par un instrument à chute libre, qui produit la chute du trépan sur le fond, par un déclanchement automatique.

Il existe un grand nombre d'instruments à chute libre. Comme la plupart d'entre eux sont impraticables pour la recherche du pétrole, nous ne décrirons et ne recommanderons que ceux qui ont été sanctionnés par la pratique en pays pétrolifères.

Pour les grands diamètres, l'instrument à chute libre (fig. 1, pl. VII) convient le mieux, car le déclanchement est tout à fait automatique, et les différents organes de cet instrument sont assez solides pour résister à un travail continu pendant plusieurs semaines, même plusieurs mois, sans demander de réparations. Cet instrument, mis dans les mains d'ouvriers soigneux, est le meilleur de tous les instruments à chute libre connus.

Il se compose d'une lame *A*, munie d'un mentonnet *B*, et glissant entre deux autres lames *C D*, réunies par des clavettes *a b*. Un clapet *E*, oscillant entre les deux lames *C D*, et dont les tourillons sont pris dans ces mêmes lames, accroche la lame *A* en dessous du mentonnet *B*. Les bouts des tourillons du clapet sortent un peu en dehors des lames *C D* et sont terminés par une partie carrée, sur laquelle un étrier *c* est rapporté à chaud et fixé par une goupille ou même par un simple matage. Deux autres lames *d e*, rivées de chaque côté des lames *C D*, ferment celles-ci

complètement et guident la lame *A* dans son mouvement alternatif. Une clavette *f*, glissant dans la rainure *g*, pratiquée dans la lame *A*, est fixée dans les lames *C D* et rend le tout solidaire. Sur le bout des lames *C D* est découpé un tenon fileté, servant au raccordement de l'instrument avec les tiges.

Le fonctionnement de cet instrument est facile à saisir. Imaginons-nous le trépan reposant sur le fond, en abaissant la partie supérieure de l'instrument d'une hauteur convenable, le clapet *E* prend en dessous du mentonnet *B*, et, en faisant le mouvement inverse, nous soulevons le trépan, suspendu sur le clapet. Si, élevée à une hauteur voulue, nous arrêtons brusquement la sonde dans son mouvement ascendant, la maîtresse-tige, en vertu de la vitesse acquise, sautera légèrement en l'air. A l'instant où se produit ce saut brusque, l'étrier *e*, en vertu de cette même vitesse acquise, suivra le mouvement de la maîtresse-tige, forcera le clapet *E* à osciller sur ses tourillons et à prendre une position perpendiculaire. Au même instant, par sa pesanteur, le trépan retombe sur le fond, avec d'autant plus de vigueur que la hauteur de chute sera grande. En répétant cette manœuvre, on obtient un battage d'une très grande efficacité.

Le mouvement de va-et-vient s'obtient en réunissant la sonde à un balancier recevant un mouvement oscillant alternatif, par l'intermédiaire d'une bielle, d'une manivelle callée sur l'arbre d'un treuil quelconque. Le balancier peut encore recevoir son mouvement d'un cylindre à vapeur, appelé cylindre batteur, à la tige du piston duquel il est relié directement.

Afin d'obtenir un déclanchement facile de l'instrument, on est obligé de provoquer un arrêt brusque du balancier avec choc. La figure 2, pl. VII, montre le dispositif employé dans ce but. Le balancier *A* repose sur un chevalet *B* par un axe *C* pris dans des paliers. A l'un des bouts est attachée la tige du piston du cylindre batteur *F*; l'autre bout agit dans un étrier *G*, ordinairement en bois, dont l'ouverture est réglée, de façon à limiter l'amplitude du balancier pour une hauteur de chute à la sonde voulue. Le cylindre batteur ne diffère en rien d'un cylindre de machine à vapeur ordinaire; l'admission de la vapeur au tiroir est réglée par une tringle *H* attachée au balancier, le long de laquelle deux anneaux *a b* sont fixés à des hauteurs convenables. Un levier *I*, dont l'un des bouts est relié à la tige du tiroir, tandis que l'autre bout prend la tringle *H* entre les deux anneaux *a b*, oscille sur un point fixe venant du cylindre même et est abaissé ou relevé par le butage des anneaux *a b* de la tringle *H*.

Au fur et à mesure de l'approfondissement du sondage, il est nécessaire d'allonger la sonde en proportion. On relie donc la sonde au balancier par une vis, dite de rappel. Cette vis se compose d'une tige filetée, vissée dans un étrier dont, l'un des bouts est façonné de telle façon qu'il puisse s'emmancher dans un second étrier, duquel il est solidaire par un boulon. Un bout de tige, muni d'une douille, passe dans cet étrier et est rivé de manière à pouvoir tourner facilement.

Pour contrebalancer tout le poids des tiges, de manière à réduire l'effort à faire au cylindre batteur pour soulever toute la sonde à son minimum, un contre-poids composé de plaques de fonte, qu'on ajoute au fur et à mesure de l'enfoncement, est disposé sur la queue du balancier, au delà de l'attache avec la tige du piston du cylindre batteur.

A la simple vue de la figure 2, pl. VII, on comprend le jeu de tout ce dispositif. Le balancier *A*, dans son mouvement de relevé, bute à la partie supérieure de

l'étrier *G* ; le choc produit opère le déclanchement de l'instrument et provoque la chute du trépan en toute liberté sur le fond; par un mouvement contraire du balancier, l'instrument se raccroche et le balancier se relève de nouveau pour provoquer une nouvelle chute du trépan : cette opération se continue sans interruption aussi longtemps qu'on le désire. Avec un instrument de cette construction, le battage est d'une régularité d'horloge, et quand l'ouvrier sondeur est bien au courant, jamais il ne se produit le moindre accroc dans son fonctionnement. Pour obtenir tout l'effet utile d'un bon battage à la chute libre, on ne doit jamais dépasser le nombre de 45 coups par minute, avec une course de $0^{m}50$. La pratique a démontré qu'un battage plus rapide était beaucoup moins efficace.

Quand le balancier reçoit son mouvement par une bielle et une manivelle d'un treuil quelconque, on dispose, à un endroit convenable, un arrêt sur lequel le balancier vient buter comme dans le dispositif au cylindre batteur.

Jusque dans le diamètre de 6″ cet instrument fonctionne à merveille ; dans les diamètres plus petits, on doit avoir recours à l'instrument à chute libre Fabian (fig. 3, pl. VII) plus ou moins modifié. Il consiste en un cylindre *A*, dans lequel est découpée une rainure se terminant à la partie supérieure par un arrêt *b*, et qui emboîte une tige *B* au travers du bout de laquelle une clavette *c* est fixée à demeure fixe. En amenant l'arrêt *b* à hauteur de la clavette *c*, il suffit d'imprimer un mouvement de gauche à droite au cylindre *A* pour faire prendre l'arrêt en dessous de la clavette. Quand le trépan est relevé à la hauteur voulue, suspendu sur la clavette, en imprimant un mouvement brusque de droite à gauche au cylindre, l'instrument se décroche et le trépan retombe en chute libre sur le fond.

Cet instrument est très robuste et demande relativement peu de réparations.

Nous obtenons encore de meilleurs résultats au point de vue de l'usure et des détériorations d'un instrument basé sur le même principe, mais d'une tout autre construction.

Ainsi que le montre la figure 4, pl. VII, cet instrument consiste en une simple glissière à quatre branches de section segmentaire. Les bouts de chaque branche sont garnis de deux oreilles $a\,a'$ $b\,b'$, disposées de telle façon que celles-ci puissent, en imprimant un mouvement de gauche à droite à la partie supérieure de la glissière, saisir d'autres oreilles $c\,c'$ $d\,d'$. Le jeu de cet instrument est exactement le même que celui construit par Fabian. Au lieu d'avoir une clavette callée dans une tige cylindrique d'une façon plus ou moins solide, clavette qui prend facilement du jeu et saute facilement de son alvéole, par notre nouvelle construction nous avons des arrêts venant du fer même de la glissière qui ne sont, par conséquent, pas susceptibles de prendre du jeu. Dans la disposition Fabian, les parties frappantes ne sont qu'au nombre de deux et offrent peu de surface ; dans notre disposition, il y en a quatre, aussi larges que possible, offrant donc une résistance à la détérioration au moins deux fois aussi grande ; de plus, elle offre l'avantage d'être entièrement forgée et de ne pas demander l'aide du tourneur comme pour la chute Fabian dont chaque pièce doit être soigneusement tournée et ajustée. Il y a donc économie de main-d'œuvre, d'où prix meilleur marché, ce qui n'est dans aucun cas à dédaigner.

Pour faciliter l'accrochage, nous faisons finir les branches de l'instrument, en $e\,e'$, en un plan incliné, de manière à provoquer un mouvement de gauche à droite à la partie supérieure de l'instrument sous la simple action du poids des tiges.

Pour le forage à chute libre dans les petits diamètres, nous avons inventé un

instrument d'une très grande simplicité (fig. 5, pl. VII). Il se compose de la tige *A* muni d'un mentonnet *B* ; un fourreau en deux pièces *G*, réunies par un anneau fileté *D* et une cale *E*, enveloppe la tige *A* et est solidaire de celle-ci par une clavette *F*; un clapet *G* oscille sur son axe et prend en dessous du mentonnet *B*; il est prolongé convenablement, de manière à venir s'appuyer sur la paroi du fourreau *G* ; un trou perforé dans le prolongement du clapet permet d'y loger un ressort en spirale *H*.

Quand le clapet *G* vient buter en dessous du mentonnet *B*, sous le poids de la maîtresse-tige, il continue légèrement son mouvement d'oscillation et écrase le ressort *H* sur lui-même; au moment où la sonde, sous le choc du balancier, saute en l'air, le ressort se détend et repousse le clapet en arrière : le trépan retombe en chute libre. Le clapet retombe ensuite sous son propre poids et est prêt à une nouvelle reprise du trépan. Cet instrument fonctionne exactement de la même façon que l'instrument (fig. 1, pl. VII).

Les systèmes de sondage à la chute libre offrent encore certaines particularités que nous ne pouvons passer sous silence.

Dans les terrains durs, les grès par exemple, le battage à la chute libre est certainement préférable au battage à la glissière, tandis que, dans les terrains tendres, ce dernier mode de travail est réellement supérieur par l'avancement plus rapide qu'il produit. Et cela se comprend facilement : les boues provenant du broiement des grès par le trépan foisonnent beaucoup et restent assez liquides, même après un avancement sans interruption de 0 m. 50 à 1 m. ; elles ne gênent donc pas trop le trépan dans sa chute libre. Il n'en est pas de même dans les schistes, marnes ou argiles qui, découpés par le trépan, foisonnent peu et restent sur le fond à l'état pâteux. Après 0 m. 30 ou 0 m. 40 d'avancement, cette pâte devient assez compacte pour retarder, par sa résistance, la chute du trépan sur le fond, par conséquent, en empêcher tout effet utile. Il arrive que les tiges descendent plus vite que le trépan et que celui-ci est repris avant qu'il ait donné son coup : il y a donc travail à vide. On est obligé de remonter souvent la sonde pour opérer un curage du trou, d'où perte de temps considérable en manœuvres.

Par l'emploi de la glissière, la vitesse de battage étant plus rapide, il se forme un remous violent au fond du trou, qui amène un délaiement considérable de la boue dans l'eau. Cette boue ne devient pâteuse qu'après un avancement double de celui obtenu avec la chute libre. De plus, le poids de la maîtresse-tige étant double du poids de celle employée pour la chute libre, le trépan, malgré la résistance des boues, atteint encore très bien le fond et produit encore son effet utile, quand, par la chute libre, on ne saurait plus avancer.

Dans les terrains durs, il sera donc recommandé de sonder à la chute libre, dans les terrains tendres, pâteux, à la glissière.

Des diverses manœuvres de sondage à sonde articulée.

Système à la glissière.

Après avoir monté la chèvre, placé le treuil, le moteur et la chaudière, s'il y a lieu, monté les baraques de recouvrement, etc., on creuse un avant-puits, dont l'axe passe par la chaîne de battage du balancier.

Dans les exploitations pétrolifères, il est bon de posséder un réservoir souterrain, dans lequel coule le pétrole qui se déverse du trou de sonde par éruptions : ce réservoir est ordinairement l'avant-puits du sondage. Il est donc bon, en toute prévision, de le planchéier soigneusement et même de le rendre étanche en chassant de la terre glaise entre la garniture de planches et le terrain, car les couches superficielles étant ordinairement poreuses, absorbent facilement tout liquide qui vient en contact avec elles. Plus tard, quand le trépan ayant pénétré dans les couches pétrolifères, il se produit des jaillissements de pétrole fréquents, on installe à l'extérieur du sondage une pompe à main ou à vapeur, qui aspire le pétrole dans l'avant-puits et le foule dans des réservoirs spéciaux.

L'avant-puits a ordinairement $1^{m}00$ à $1^{m}50$ de largeur et est poussé jusqu'à une profondeur de $2^{m}00$ à $3^{m}00$ tout au plus. Cette profondeur est suffisante, à moins qu'on n'ait à traverser une couche de terrains très ébouleux, que l'on désire planchéier, pour éviter un tubage prématuré.

L'avant-puits étant donc creusé, planchéié, on y descend un tube d'un diamètre convenable, qui servira de premier guidonnage au trépan, juste dans l'axe passant par la chaîne du balancier. Pour bien le mettre en place, on se sert d'un fil à plomb, que l'on suspend au bout de la chaîne et que l'on descend jusqu'au pied du tube, dans l'intérieur de celui-ci.

Pour empêcher qu'il ne se déplace pendant le travail de perforation, le tube doit être maintenu latéralement au pied et à la tête dans un encadrement solide évidé, suivant la circonférence extérieure du tube, et que l'on fixera aux cloisons du puits. Si l'on omettait ce soin, le trépan, n'étant pas bien dirigé, glisserait immédiatement de la verticale et ne tarderait pas à faire un trou oblique ; après avoir enfoncé de quelques mètres, on serait obligé de recommencer le sondage à nouveau, soit en remplissant complètement le premier trou avec des pierres très dures, soit en reculant tout le matériel de forage d'une certaine distance.

Admettons le tube de guidonnage bien placé dans l'avant-puits, suivant l'axe voulu. Les manœuvres de forage proprement dites pourront donc commencer ; mais avant de les décrire, disons un mot du personnel et voyons les fonctions qui sont dévolues à chacun des ouvriers.

L'homme qui manœuvre le treuil, surveille le travail d'enfoncement, est le chef-sondeur : il est responsable de la bonne marche du travail ; celui qui visse les outils, et se trouve au banc de manœuvre, s'appelle le dévisseur ; celui qui se trouve en haut de la chèvre s'appelle l'accrocheur ou le décrocheur suivant que ses fonctions ont lieu à la descente ou à la remonte de la sonde, tandis que celui qui entretient la chaudière et la machine porte le nom de chauffeur. Chaque ouvrier doit être choisi avec soin

pour les fonctions qu'il devra remplir ; ainsi le plus intelligent, celui qui a le plus de pratique et d'expérience sera toujours le chef, le plus fort sera dévisseur, le plus leste décrocheur et le plus âgé, par conséquent le plus calme, sera chauffeur. Chaque ouvrier devra, autant que possible, ne s'occuper que des fonctions qui lui ont été de prime-abord dévolues ; cela lui permettra d'acquérir la routine qui est le meilleur moyen pour le rendre apte à travailler vite et bien.

Nous avons laissé tout prêt pour commencer le sondage. Après avoir bien graissé les parties frottantes du treuil et de la machine et vérifié si tout est en ordre, le chauffeur ouvre lentement la soupape d'admission de la vapeur au cylindre de la machine et met celle-ci en marche ; le chef-sondeur s'assied sur un banc placé en dessous des leviers de commande des rouleaux de friction et des freins du treuil, de manière à les avoir tous en face de soi, place le pied gauche sur un clapet commandant la soupape d'admission de la vapeur à la machine par l'intermédiaire d'une corde glissant sur des poulies, saisit le levier du rouleau de friction du tambour de manœuvre de la main droite, le levier du frein de la main gauche et se tient prêt à faire marcher le treuil suivant les besoins. Tous les outils, dont on aura besoin pour le forage, auront été préalablement réunis à portée de main. Le dévisseur visse l'anneau-tournant, suspendu sur le câble de manœuvre, sur le tenon de la glissière, le chef-sondeur accélère le mouvement de la machine, tend plus ou moins la courroie et enlève la glissière à hauteur voulue ; le dévisseur, aidé par le décrocheur et le chauffeur, dresse un guide près du trou de sonde et le visse à la glissière ; il en fait ensuite autant pour le trépan. Ces trois pièces étant vissées ensemble, le banc de manœuvre est amené au-dessus du trou de sonde ; on y introduit le trépan que l'on saisit avec les clefs de serrage, et l'on serre énergiquement à l'aide du levier à chaînes, premièrement le guide sur le trépan, ensuite la glissière sur le guide. Cela fait, le chef-sondeur soulève un peu la sonde pour que le dévisseur puisse enlever la clef de serrage sur laquelle elle reposait, et serre le frein tout en détendant la courroie ; le banc de manœuvre est poussé sur le côté et le chef-sondeur laisse glisser la sonde dans le tube de guidonnage en modérant le dévidement du tambour à l'aide du frein. La sonde étant posée sur le fond, le dévisseur détache l'anneau-tournant de la glissière, le visse sur le crochet de relevée que le chef-sondeur soulève à hauteur voulue pour que le dévisseur l'accroche en dessous de l'épaulement du raccord de la glissière ; le chef-sondeur enlève la sonde, de manière que le trépan reste suspendu à environ 0 m. 15 ou 0 m. 20 du fond; le décrocheur, aidé en cela par le chauffeur, attelle le balancier à la manivelle de battage, après que celui-ci a arrêté complètement la machine et disposé la manivelle dans une position verticale, le bouton en haut, tandis que le dévisseur visse la tête de sonde, suspendue à la chaine du balancier, sur la glissière ; le décrocheur tend la chaine en l'enroulant sur l'arbre de l'appareil de lâchage à l'aide de la manivelle qui y est disposée ; le chef-sondeur décroche le crochet de relevée, met la machine lentement en marche, puis laisse descendre la sonde, en faisant fonctionner l'appareil de lâchage, jusqu'à ce que le trépan frappe sur le fond. Afin que le trépan découpe bien régulièrement le terrain, le dévisseur enroule un bout de corde sur la tête de sonde et, à l'aide d'une broche d'une certaine longueur, le fait tourner et lui fait parcourir, à chaque coup de sonde, le huitième environ de la circonférence du trou. Au fur et à mesure de l'enfoncement, le chef-sondeur règle le jeu à la glissière en allongeant la chaine de la quantité nécessaire.

Pour obtenir l'effet le plus utile, par conséquent l'avancement le plus rapide, le chef-sondeur devra toujours régler le jeu à la glissière et la vitesse de battage, de

telle façon que, pendant le mouvement descendant du balancier, le poids-mort ne retombe pas sur la partie supérieure de la glissière, mais tombe toujours en chute libre sur le fond. Pour bien comprendre cette observation, il faut connaître ce qui se passe pendant le battage.

Si la vitesse de battage est assez grande, le balancier étant arrivé au point culminant de sa course, le poids-mort, en vertu de l'inertie et sous la vitesse acquise, continue son mouvement ascendant, tandis que le balancier avec la partie supérieure de la glissière, qui ne fait qu'un avec la chaîne, parcourt son amplitude descendante, Il s'ensuit donc que, si la vitesse du balancier est bien réglée, le poids-mort étant en retard, ne retombe ordinairement sur la partie supérieure de la glissière qu'au moment où celle-ci est au point le plus bas de sa course descendante. Mais si, de plus, on donne un jeu suffisant à la glissière, le poids-mort, au lieu de retomber sur celle-ci, tombera directement sur le fond en chute libre, et l'effet utile de sa chute sera complet. Le chef-sondeur veillera donc toujours à ce que le jeu à la glissière et la vitesse de battage soient assez grands pour que le poids-mort ne retombe jamais sur la glissière. Il ne devra cependant pas exagérer le jeu à la glissière, car, en ce cas, la course du trépan pourrait devenir trop courte et l'effet utile pourrait diminuer; de plus, il se produirait à la relevée du trépan des chocs violents à la glissière qui amèneraient la rupture des tiges. Avec un peu de pratique, il est facile de saisir la bonne méthode de battage en très peu de temps et tout ouvrier intelligent l'acquerra bientôt pourvu qu'il y mette un peu d'attention.

Dans les terrains excessivement durs, cette méthode de battage est difficilement applicable, car le choc produit par la chute libre du trépan sur le fond devient trop violent; le poids-mort rebondit à une hauteur plus ou moins grande à chaque coup, et retombe avec véhémence sur la glissière pendant le mouvement ascendant de celle-ci; il s'y produit des chocs très grands qui amènent la rupture des tiges. En ce cas, on ne donne que très peu de jeu à la glissière, et l'on modère la vitesse du moteur de manière à obtenir un battage bien régulier sans danger de rupture pour la sonde.

Pendant tout le temps de battage, le chef-sondeur doit tenir constamment la main sur la sonde, afin qu'il puisse se rendre bien compte du travail de celle-ci. Si le trépan, en tombant sur le fond, faisait un brusque écart de rotation, soit à droite, soit à gauche, ce sera un signe certain, ou qu'un rognon dur sera tombé des parois et roulera sur le fond, ou bien que le fond du trou est inégal. Il devra sans tarder, en dirigeant bien le coup de sonde, chercher à frapper exclusivement sur les parties les plus hautes du fond du trou, jusqu'au moment où celui-ci sera redevenu bien égal. S'il tardait à le faire, le trépan, ne frappant toujours qu'à certains endroits, laisserait des aspérités qui, au fur et à mesure de l'enfoncement, iraient constamment en s'élargissant et l'empêcheraient de tourner aussitôt qu'elles auraient atteint une hauteur égale à sa course.

Il arrive fréquemment que des éboulements se produisent sur la sonde pendant le travail de percussion : le chef-sondeur devra immédiatement détacher le balancier et imprimer un mouvement de va-et-vient, de bas en haut et de haut en bas à la sonde, à l'aide du câble de manœuvre pour permettre aux éboulements de tomber à fond et où, ensuite, il pourra les broyer à coups de trépan.

Une rupture de tige peut également se produire. La sonde étant allégée de toute la partie détachée, n'offre plus une si grande résistance de relevée à la machine;

celle-ci s'emballe rapidement, la partie supérieure de la sonde saute désordonnément en l'air et peut même blesser les ouvriers. Le chef-sondeur aura donc soin de se tenir près de la poulie qui, par l'intermédiaire d'une corde, commande la soupape d'admission de la vapeur à la machine et qu'il a, d'ailleurs, sous la main près du trou de sonde, et fermera cette soupape aussi rapidement que possible, aussitôt qu'il percevra qu'une tige s'est cassée.

Ayant perforé d'une certaine hauteur qui dépend de la nature de la roche, le chef-sondeur remonte la sonde pour enlever les détritus du fond. Dans ce but, il descend une cuillère d'un diamètre convenable sur la cordelette de curage, et quand elle est arrivée à fond, il lui imprime un mouvement de pompage pour bien recueillir toute la boue et tous les débris qui se sont accumulés sur le fond; il remonte la cuillère au jour et la vide de son contenu en la posant sur un piton qui soulève le clapet de retenue.

Les manœuvres de curage exigent certaines précautions que le chef-sondeur ne devra jamais négliger. Il ne devra jamais descendre la cuillère avec trop de rapidité ni d'un seul trait sur le fond, car elle pourrait se coincer dans les boues épaisses ou dans des éboulements; de plus, des chocs trop violents et souvent répétés de la cuillère sur une roche dure pourraient en amener la détérioration rapide. Quand elle arrive à une dizaine de mètres du fond, il serre le frein pour modérer le dévidement du tambour, et il la laisse glisser lentement jusqu'à un mètre ou deux au-dessus du fond ; arrivé là, il commence le mouvement de va-et-vient et gagne peu à peu du fond à chaque coup de pompage. Il ne devra pas prolonger trop le mouvement de pompage, car la boue épaisse et les débris volumineux du fond monteraient dans la cuillère et se déverseraient à la partie supérieure de celle-ci; la cuillère ferait office de piston dans les boues épaisses et un calage, d'autant plus énergique que la profondeur du sondage est grande, et que la pression de l'eau est, par conséquent, plus forte, pourrait facilement s'en suivre. Le nombre de coups de pompage à donner dépend entièrement de la longueur et de la hauteur de relevée de la cuillère ; ainsi, si la cuillère a dix mètres de longueur et qu'il la relève à chaque coup de pompage de un mètre de hauteur, en tenant compte du foisonnement du terrain dans l'eau que contient le trou de sonde, en cinq coups de pompage il devra gagner le fond et remplir entièrement la cuillère de la boue la plus épaisse.

En descendant la cuillère dans un sondage garni de colonnes perdues, il devra éviter de la laisser frapper trop violemment sur ces colonnes, dont le rebord supérieur pourrait facilement se rebrousser et empêcher les outils de pénétrer plus bas; il devra, à des hauteurs correspondantes aux profondeurs auxquelles se trouvent les têtes de colonnes, enrouler des petits bouts de corde sur la cordelette, au ras du banc de manœuvre, et qui lui indiqueront les endroits où il doit ralentir le dévidement du tambour. Afin de faciliter la pénétration de la cuillère dans les colonnes perdues, il suffit d'arrondir le tranchant de la frette ou d'armer celle-ci d'un quatre-branches pointu que l'on rive sur elle (voir fig. 7 et 8, pl. VII).

Pendant la remonte de la cuillère, il devra toujours se tenir prêt à détendre la courroie à la moindre résistance que la cuillère pourrait rencontrer dans le trou de sonde, et cela pour éviter que, sous la traction de la machine, elle ne se coince trop énergiquement. En cas de calage de la cuillère, il ne doit pas immédiatement faire des efforts de traction sur la cordelette, mais, au contraire, chercher à faire descendre la cuillère. Si des éboulements se sont produits sur la cuillère, en faisant descendre

celle-ci, il y aura de grandes chances pour qu'ils tombent à l'intérieur et qu'elle se dégage d'un seul coup. Pour faciliter le dégagement de la cuillère en cas de coinçage, on intercale à demeure fixe, entre elle et la cordelette, une glissière et une petit maitresse-tige de un à deux mètres de longueur et de 50 à 100 kgs de poids, et avec lesquelles on frappe sur la cuillère.

Après avoir foré un nombre de mètres suffisants, on complète la sonde en y ajoutant la maitresse-tige. Quand la glissière elle-même s'est cachée dans le tube de guidonnage, on ajoute une allonge d'une certaine longueur que l'on fait suivre par d'autres et que l'on remplace enfin par une tige.

La descente de la sonde dans un sondage, d'une profondeur plus ou moins grande, se fait de la manière suivante :

Après avoir bien curé le trou, ce qui a lieu au bout d'un ou plusieurs voyages de cuillère, suivant la quantité de boue à enlever, le chef-sondeur vérifie si le trépan n'a pas perdu trop de son diamètre par suite de son travail dans une roche plus ou moins usante et, en cas affirmatif, le dévisse à l'aide des clefs de serrage et du levier à chaînes et le remplace par un autre fraichement aiguisé. Cela fait, il laisse glisser le poids-mort dans le trou de sonde et le pose sur la fourche de retenue et sur le banc de manœuvres ; le dévisseur dévisse l'anneau-tournant ; le chef-sondeur accélère le mouvement de la machine en ouvrant la soupape d'admission de la vapeur et relève l'anneau-tournant à hauteur du tenon de la tige, que le dévisseur a prise parmi celles qui sont rangées par ordre sur le banc et qu'il visse sur le tenon de la glissière ; le décrocheur ayant vissé l'anneau-tournant sur la tige, donne le signal de relevée ; le chef-sondeur tend la courroie, soulève la sonde pour que le dévisseur enlève la fourche de retenue et laisse glisser la tige dans le trou à l'aide du frein. Ce jeu se renouvelle autant de fois qu'il y a de tiges jusqu'à ce que le trépan atteigne le fond.

Pour la romonte de la sonde, toutes les manœuvres décrites plus haut se font en sens inverse.

On comprend que toutes les manœuvres, tant de descente que de remonte des outils, doivent toujours se faire avec douceur et avec de grandes précautions. Le chef-sondeur doit éviter de poser la sonde avec trop de violence sur la fourche, car le choc produit pourrait être la cause d'une rupture de tige et de la chute d'une plus ou moins grande hauteur de la sonde sur le fond, ou même sur une des colonnes perdues qui garnissent le sondage. Il doit vérifier toutes les pièces de la sonde au fur et à mesure qu'il les descend : voir si le trépan est bien aiguisé, si le tranchant est bien droit, bien d'équerre avec l'axe et s'il possède bien l'angle voulu, si le tenon en est bien solide et s'il n'a pas subi un commencement de rupture par la percussion ; s'il emploie un guide, il contrôlera si les rivets ne sont pas un peu libres et, en cas affirmatif, s'empressera de les tendre à nouveau ; il verra si les emmanchements du poids-mort ne sont pas desserrés, si la glissière est en bon état et si une des branches n'en est pas cassée ; s'il remarque qu'un mâle ou une femelle de tige est trop usé, il met celle-ci de côté immédiatement et la remplace par une en bon état ; si quelque tige est pliée, il la redressera de suite. De temps en temps, assez souvent, il passera chaque pièce du treuil en revue. la machine à vapeur, les câbles de manœuvre, les courroies, les freins, les anneaux-tournant, etc. En un mot, il tâchera d'éviter tout accident, même le moins important, par sa vigilance, son attention et sa prévoyance.

Système de forage à percussion directe avec sonde rigide et courant d'eau.

Ce système consiste essentiellement à employer des tiges creuses au lieu de tiges massives, et à injecter un jet d'eau sur le fond du trou par l'intérieur des tiges, afin d'enlever les détritus au fur et à mesure du découpage du terrain par le trépan, en réunissant la sonde à une forte pompe foulante à l'aide d'un tuyau en caoutchouc de diamètre convenable.

Au contraire de ce qui a lieu pour le système à sonde articulée, on n'emploie pas de glissière; on visse les tiges directement sur la maitresse-tige, de manière à avoir une sonde complètement rigide; au lieu de frapper à grands coups sur le fond, avec une course de $0^{m}50$ et plus, et un nombre maximum de 70 coups par minute, on frappe à raison de 100 à 140 coups avec une course de $0^{m}08$ à $0^{m}10$.

Le fond sur lequel frappe le trépan, étant constamment lavé par le courant d'eau qui sort du trépan même, et tout le poids effectif de la sonde agissant pour donner le coup, on comprend que le travail utile du trépan soit plus important qu'avec le système à sonde articulée et que l'avancement soit plus rapide.

Ce système se recommande spécialement pour la traversée des terrains tendres dans lesquels un trépan peut travailler de longues heures sans perdre beaucoup de son diamètre. Au lieu d'avoir à remonter la sonde à chaque instant pour opérer le curage du trou, celui-ci étant obtenu par un courant d'eau qui ne subit aucune interruption, on peut forer 10, 25, 50 et même 100 mètres d'une seule battue.

Dans les terrains durs, le trépan s'usant plus vite, il est indispensable de le remonter au moins une fois par poste, pour le remplacer par un autre fraichement aiguisé. Avec les moyens rapides de remonte et de descente, que donnent les installations bien comprises actuellement employées, ce travail de remonte et de descente de la sonde se fait très rapidement et n'occasionne qu'une perte légère de temps.

On obtient les résultats les plus efficaces avec ce système pour la traversée des sables boulants et des couches peu consistantes, très ébouleuses, le courant d'eau enlevant immédiatement tous les détritus qui pourraient paralyser le trépan dans son action. Si l'on a soin de faire suivre le trépan par le tubage au fur et à mesure de l'enfoncement, de manière à avoir celui-ci constamment à moins de $0^{m}50$ de fond, la traversée d'une couche ébouleuse importante peut ordinairement se faire en une seule battue.

Le courant d'eau injecté est ordinairement de 200 à 400 litres par minute, sous une pression de trois, jusque 15 atmosphères. Quand il ne se produit pas d'éboulements, et que rien ne vient gêner le trépan un courant d'eau de 200 litres par minute, sous une pression de trois atmosphères, pour un diamètre de 8 pouces, suffit amplement. Si, au contraire, il se produit des éboulements, pour opérer l'enlèvement immédiat de ceux-ci, on pousse la pression jusque 10 et 15 atmosphères, avec un débit de 400 litres, de manière à obtenir un courant ascendant très rapide dans la colonne de tubes de garantie.

Dans les grands diamètres, il est de toute façon indiqué d'injecter un fort-courant

d'eau sous une grande pression, afin d'obtenir une vitesse d'ascension de détritus assez volumineux vers la surface.

Certains sondeurs injectent l'eau par la colonne de garantie et la font ressortir, chargée des détritus, par l'intérieur des tiges creuses. Ce procédé présente l'inconvénient que si, pour une cause quelconque, le courant d'eau est interrompu, tous les détritus, se trouvant à l'intérieur des tiges, retombent et bouchent toute la partie inférieure de la sonde; quand on veut recommencer le forage il est impossible de rétablir le courant d'eau, et l'on est obligé de remonter toute la sonde pour en débarrasser la partie inférieure des débris qui l'obstruent, ce qui est toujours une perte de temps considérable.

La pratique a démontré qu'un courant ascendant d'eau, ayant une vitesse de $0^{m}10$ par seconde, entraine du sable fin, de $0^{m}20$ du gravier de $0^{m3}02$, de 1 mètre d'assez gros galets, et de 2 m. des morceaux de cuivre ou de fer assez volumineux.

En général, quel que soit le diamètre du trou foré, une vitesse moyenne de $0^{m}20$ est suffisante pour entraîner les détritus que le trépan arrache à la roche. Si des débris plus volumineux de schistes ou de grès retombent, ils sont ordinairement écrasés, soit par le trépan, soit entre la sonde et les parois par le fouettement des tiges.

Afin de réduire autant que possible le volume d'eau employé, on dirige le courant sortant du trou de sonde vers une série de bassins de décantation, où l'eau est reprise de nouveau par la pompe et refoulée au fond du trou de sonde. Il est établi qu'il faut autant d'eau pour compenser les pertes que pour alimenter une chaudière de 24 m. carrés de surface de chauffe en plein travail.

Pour obtenir une marche rapide avec le système à sonde rigide, il est toujours préférable de travailler avec un petit diamètre : 10″ maximum. Il est rare qu'avec les outils spéciaux que le sondeur peut se construire, il ne puisse atteindre une très grande profondeur, même en commençant le sondage avec le faible diamètre de 10″ ou $0^{m}25$.

On emploie constamment le trépan excentrique ou l'excavateur à ailettes qui, faisant un trou plus grand que le diamètre extérieur des tubes de garantie, permettent de faire descendre ceux-ci au fur et à mesure de l'enfoncement. Chaque colonne de garantie est poussée aussi loin que possible, jusqu'à refus complet. Il n'est pas rare, dans les terrains pressants, très ébouleux, de faire filer une colonne de quelques centaines de mètres de hauteur, surtout si la marche de l'enfoncement est rapide et si le poids des tubes est grand.

Les avantages du système de forage à courant d'eau sont les suivants :

1° Le fond du trou étant constamment lavé par le courant d'eau, le trépan frappe toujours sur la roche vive et non pas dans une boue plus ou moins épaisse, d'où avancement plus rapide;

2° Il n'est pas nécessaire de remonter aussi souvent la sonde qu'avec les autres systèmes, le curage se faisant au fur et à mesure de l'enfoncement, d'où économie de temps. La sonde n'est remontée que pour remplacer le trépan, usé, par un autre aiguisé;

3° La sonde, ayant moins de fatigue à supporter, se casse moins souvent, ce qui évite des pertes de temps à la réparation d'accidents;

4° Les accidents sont beaucoup moins fréquents qu'avec n'importe quel autre système.

Pour la recherche du pétrole, le système de forage à courant d'eau présente de tels inconvénients que la généralité des sondeurs au pétrole préfère se maintenir à l'emploi du système de forage à sonde articulée, quoique celui-ci donne un avancement moins rapide.

Le grand inconvénient, celui que l'on reproche le plus, au système à courant d'eau est d'amener, en bien des cas, à une inondation des gisements pétrolifères. Je pourrais citer le cas d'un sondage creusé dans un champ pétrolifère et dans lequel, par suite d'un écrasement de tubage, l'eau avait fait irruption. L'accident demanda plusieurs mois de réparation et, au moment où la fermeture des eaux supérieures put être rétablie, le niveau de l'eau à l'intérieur de la colonne hermétique se mit à descendre avec telle vitesse que, en quatre heures de temps, il se trouvait à 250 mètres de profondeur. A cette profondeur il se trouvait une cassure des terrains qui absorbait l'eau avec avidité. On dut pomper toute l'eau absorbée pendant plus de six mois, nuit et jour, avant d'arriver à l'assèchement complet de la cassure. Ce cas peut se présenter dans toute exploitation pétrolifère.

Si, en un tel cas, le forage se fait par le système à sonde articulée, c'est-à-dire à sec, une très petite quantité d'eau peut rester absorbée par la cassure : celle qui la surmonte. Mais si le forage se fait avec courant d'eau, c'est-à-dire avec le sondage plein d'eau, aussi longtemps que l'on fore et que l'on ne tube pas le trou de sonde, de manière à isoler la cassure, celle-ci absorbe l'eau sans arrêt jusqu'à saturation complète. Si, plus tard, après achèvement du sondage, on coupe toutes les colonnes, sauf celle qui ferme les eaux supérieures, de manière à ne laisser que des colonnes perdues, et si l'on met le puits en exploitation, l'eau qu'avait absorbée la cassure se déverse par l'ouverture de la colonne perdue et inonde les gisements pétrolifères inférieurs. On ne peut remédier au mal qu'en se résignant à assécher la cassure par un pompage prolongé ou à laisser la colonne de tubes, qui l'aveugle, tout entière jusqu'au sol : ce qui amène à l'immobilisation d'un capital inutile.

Si une telle cassure a communication avec un puits appartenant à un voisin, celui-ci verra son puits s'inonder pour une cause qu'il ne peut pas très bien saisir. Il aura, en tous cas, raison de soupçonner que l'inondation de son puits provient du puits voisin foré à l'aide du système à courant d'eau.

Admettons qu'à côté d'un puits foré à sec, on en fore un second avec courant d'eau, que les deux puits sont à égale profondeur et que le sondeur du puits foré à sec rencontre immédiatement en-dessous d'un gisement pétrolifère une couche d'eau (ce qui se présente souvent). Par un pompage prolongé il se peut que l'assèchement de cette couche d'eau soit plus ou moins rapide; mais ne pouvant se rendre un compte exact d'où cette eau peut provenir, le propriétaire de ce puits admettra, avant tout, qu'elle provient du puits voisin foré par le système à courant d'eau. Il se croira forcé de couper les eaux à nouveau, en perdant un gisement pétrolifère et en réduisant le diamètre de son trou de sonde plus rapidement qu'il ne le désirait. Si tous les puits forés dans ce champ pétrolifère avaient été établis à sec, il aurait pu se dire, sans hésiter, que l'eau rencontrée provenait d'une couche aquifère traversée en dessous du gisement pétrolifère et aurait bouché cette eau ou bien l'aurait asséchée.

Par le système de forage à sonde articulée, à sec, on ne peut inonder les gisements pétrolifères, tandis qu'avec le système à courant d'eau, cela peut arriver très facilement. Ainsi, dans une mine pétrolifère de Galicie, déjà en exploitation depuis quelques années par de nombreux puits, on se mit à forer à l'aide du système à

courant d'eau. On ne tarda pas à s'apercevoir que tous les puits anciens donnaient de plus en plus d'eau, chose qui n'existait pas auparavant. Les gisements, plus ou moins asséchés déjà, absorbaient l'eau des puits creusés à l'aide du système à courant d'eau et s'inondaient insensiblement. On dut rapidement renoncer à l'emploi de ce système, de crainte de ruiner complètement l'exploitation.

L'eau qui se trouve dans un trou de sonde agit différemment sur les gisements pétrolifères, suivant que ces gisements sont encore entièrement inexploités ou bien ont déjà subi un certain assèchement. Par sa viscosité, le pétrole, surtout s'il est fortement parafineux, présente à la pression de l'eau une résistance dont on se fait difficilement une idée. Ensuite, le pétrole, comme on le sait, se trouve dans des couches de grès poreux, les imprégnant à un degré plus ou moins élevé suivant leur porosité et la quantité de matière cimentante qui unit les grains du grès entre eux. Si ce pétrole, en tendant par capillarité vers le trou de sonde, rencontre sur son chemin une cassure, il la suivra, emporté par le courant de gaz. Les couches pétrolifères donc, tant qu'elles ne sont pas encore plus ou moins asséchées, sont tellement imprégnées de pétrole, et les cassures qui les sillonnent en tous sens sont tellement saturées que l'eau qui entre en contact avec elles, ne peut y pénétrer, même sous la plus faible quantité.

On peut facilement se faire une idée de l'influence que peut avoir l'eau sur les gisements pétrolifères en faisant les expériences suivantes :

Prenons un bloc de grès poreux bien sec, jetons-le dans le pétrole et laissons-le-y jusqu'à saturation complète. Jetons-le ensuite dans l'eau et exerçons sur celle-ci une pression assez forte. Par la distillation de ce grès, nous pourrons ensuite nous assurer qu'il ne contient d'autre eau que celle qu'il possédait avant d'être imprégné de pétrole. Cela nous représente l'effet de l'eau sur des gisements non encore exploités.

Prenons maintenant un autre bloc de ce même grès, jetons-le dans le pétrole, chauffons-le ensuite, de manière que tout le pétrole absorbé s'en échappe. En le jetant dans l'eau, il absorbera de celle-ci jusqu'à saturation complète. Nous avons maintenant une image de l'effet de l'eau sur des gisements épuisés.

Il en ressort, en toute évidence, qu'au contact de l'eau d'un sondage, les gisements vierges n'en subiront aucun effet, tandis que les gisements, déjà plus ou moins épuisés, absorberont cette eau insensiblement et finiront par s'inonder entièrement.

Si, après avoir foré un certain nombre de sondages au travers de gisements pétrolifères à l'aide du système de forage à sec, et que l'on passe ensuite au système de forage à courant d'eau, les gisements pétrolifères s'imbiberont d'eau, le pétrole qui se trouve dans les cassures est repoussé dans les profondeurs de celles-ci, tandis que celui qui continue à imprégner les grès poreux se mélange à l'eau et perd toute sa force de capillarité. L'eau qui chemine dans les gisements vers les puits, entraîne bien une partie du pétrole avec elle, mais la quantité entraînée est tout à fait hors de proportion avec la production qu'auraient pu encore fournir les gisements si l'eau n'y avait pas pénétré.

L'effet de l'eau peut s'étendre sur une surface plus ou moins grande d'un champ pétrolifère donné, suivant la disposition et l'étendue des couches pétrolifères.

Ainsi que nous l'avons montré dans le précis géologique de notre « Guide du sondeur au pétrole », les terrains pétrolifères se composent de lentilles de grès et de schistes s'encastrant, se clivant l'une dans l'autre. Un puits inondé ne peut donc influer que sur la productivité des lentilles des terrains pétrolifères traversées. Tous les puits qui seront forés dans des lentilles, que n'aura pas touchées le puits inondé, continueront à donner du pétrole complètement exempt d'eau.

On peut conclure de tout ce que j'ai dit plus haut sur l'effet de l'eau sur les gisements que, dans les champs pétrolifères encore vierges, on peut employer le système à l'eau pour l'établissement des premiers puits, en veillant soigneusement à ce que toute cassure stérile rencontrée, avant d'avoir touché aux gisements, soit immédiatement bouchée, et que, aussitôt que ces gisements montrent un commencement d'épuisement, il est dangereux de continuer à employer ce système, et qu'il est rationnel de passer au système de forage à sec.

Dans un champ pétrolifère donné, il est rare qu'il n'y ait qu'un seul exploitant. La règle contraire est plutôt générale. Chaque exploitant applique le système de forage qui lui semble le meilleur ou qu'il connaît le mieux ; les uns emploient le système à sec, les autres le système à l'eau. Il y a fatalement froissement entre les partisans de l'un et de l'autre système. Les partisans du système à sec reprochent aux autres, bien souvent avec raison, d'inonder les gisements, tandis que les partisans du système à courant d'eau prétendent que, si leurs adversaires ont leurs puits inondés, c'est parce qu'ils n'ont pas fermé assez soigneusement les eaux supérieures. Comme il est difficile de prouver quel est le puits la cause de cet inondation on en vient aux mesures draconiennes, c'est-à-dire que l'on défend d'une manière absolue l'emploi du système de forage à courant d'eau pour la recherche du pétrole.

C'est évidemment dépasser la mesure et mettre une entrave nuisible au progrès. L'emploi du système à courant d'eau a démontré que, par ce moyen, on pouvait arriver à des avancements plus rapides et que, dans les terrains difficiles à forer, c'était le seul système permettant d'abaisser les prix de revient au minimum. En proscrivant l'emploi de ce système, on empêche les producteurs de produire à meilleur marché et de lutter avantageusement, sur les marchés étrangers, avec les concurrents pour la vente des produits.

Il y a un moyen de mettre un terme à la difficulté et de prouver que l'eau d'inondation provient de tel puits plutôt que d'un autre, c'est d'obliger tous les sondeurs au système à l'eau à colorer celle-ci à l'aide de fuchsine. Ce colorant donne une teinte verte caractéristique à l'eau. Si donc, dans un puits en exploitation, on obtient brusquequement de l'eau colorée en vert, on saura d'où elle provient et l'on pourra obliger les sondeurs à courant d'eau à remédier immédiatement au mal. Ceux-ci, en présence des difficultés qu'ils rencontreront de la part de leurs voisins, deviendront plus circonspects et apporteront plus d'attention à la traversée des gisements pétrolifères.

En règle générale, il est indiqué de ne pas traverser les lentilles pétrolifères à l'aide du système de forage à courant d'eau, mais bien de le faire à l'aide du système à sec. On emploie, dans ce but, un dispositif de forage combiné qui permet d'employer indifféremment l'un ou l'autre système.

En dehors de l'inconvénient indiqué plus haut que l'on reproche au système à l'eau, celui-ci en présente encore d'autres qui font que ce système ne peut trouver un emploi général. Ces inconvénients sont plus ou moins les suivants :

1° L'emploi du système à courant d'eau implique l'investissement d'un capital d'acquisition beaucoup plus élevé que le système à sonde articulée ;

2° Les frais de forage à l'eau sont relativement plus élevés que ceux du forage à sec;

3° L'entretien de la sonde du système à l'eau est plus dispendieux que celui de la sonde du système à sec ;

4° L'emploi du système à courant d'eau ne peut s'appliquer à la traversée de toutes les formations de terrains. Dans les terrains durs et les grandes profondeurs, les cas de ploiement et de rupture de la sonde à la partie inférieure de celle-ci sont fréquents ;

5° Le système à l'eau exige beaucoup d'eau que l'on n'a pas toujours à sa disposition en quantité suffisante ;

6° Le système à l'eau a les mêmes inconvénients que le système à sonde articulée et n'a pas ses avantages ;

7° En forant à sec, à la première rencontre de pétrole, on peut déjà recueillir une certaine production et couvrir une partie des frais de continuation du forage, si pas tous. Par le forage à courant d'eau, on ne peut obtenir la moindre quantité de pétrole avant que le sondage soit entièrement terminé, car toute la colonne d'eau repousse ou retient tout le pétrole rencontré dans les parois du trou de sonde.

Pour employer rationnellement le système de forage à l'eau, il faut que le manteau de morts-terrains, qui recouvre les gisements pétrolifères, ait au moins deux à trois cents mètres d'épaisseur, ou que les terrains, devant lesquels on se trouve, présentent des difficultés de forage particulièrement grandes. Si la profondeur des puits à faire ne doit pas dépasser ce chiffre, il y a tout intérêt à employer le système à sec qui, en ce cas est rapide et peu coûteux. Pour la traversée de fortes épaisseurs de morts-terrains, on applique le système de forage à l'eau que l'on transforme en système de forage à sec aussitôt que l'on pénètre dans les terrains à faciès pétrolifère.

Si on a à exploiter des terrains contenant des gisements pétrolifères à partir d'une faible profondeur, il est tout indiqué d'employer le système de forage à sec quelle que soit la profondeur finale des sondages entrepris, de manière à ne pas nuire à la production des gisements supérieurs pendant que l'on poursuit la recherche des gisements inférieurs.

L'application du système de forage à courant d'eau a excité, en ces dernières années, la verve des sondeurs-inventeurs, qui se sont ingéniés à trouver des dispositifs de battage qui devaient, à leur avis, répondre à tous les besoins. Comme toujours, en pareil cas, si les gens d'expérience et de pratique se sont contentés d'appliquer les dispositifs, qu'un long emploi avait montré les meilleurs en les modifiant, de manière à en obtenir le meilleur effet utile, tous les novices, tous ceux à qui l'expérience n'avait pas donné du raisonnement, se sont lancés dans des projets plus utopiques les uns que les autres. Nous vîmes alors apparaitre toute une série d'appareils, que la mise en pratique ne tarda pas à démontrer comme faisant bel effet sur le papier, mais n'en faisant qu'un très mauvais sur le terrain. Si l'on voulait les décrire tous, il faudrait un volume de plusieurs centaines de pages. Nous ne pouvons songer à entreprendre un tel travail, ce serait dépasser le but que nous nous sommes proposé de ne décrire que des outils et des appareils pratiques.

Nous ne décrirons donc que le principe des dispositifs de forage qui ont montré des qualités supérieures, quitte au lecteur à l'appliquer suivant ses besoins, en y ajoutant les accessoires qu'il trouvera les meilleurs. Chaque dispositif de forage peut être plus ou moins profondément modifié ou combiné avec un autre, le principe seul de chacun d'eux en fait la qualité.

Avant de passer à la description des dispositifs de battage, nous dirons quelques mots des outils usuellement employés, afin de pouvoir bien comprendre la marche de travail de tout système de forage à courant d'eau.

Outillage.

La forme des outils employés pour le système à courant d'eau diffère très peu de celle donnée aux outils du système à sonde articulée. La seule différence est qu'un trou central est foré en longueur de tous les outils de forage pour permettre le passage du courant d'eau.

Tiges de forage. — Nous employons deux calibres de tiges creuses, un calibre plus fort pour la partie inférieure, un plus faible pour la partie supérieure de la sonde. La partie inférieure ayant tout le choc et tout le poids de la partie supérieure à supporter, il est nécessaire qu'elle soit composée de tiges de plus gros diamètre, et que les emmanchements de celles-ci soient établis de manière à résister aux chocs répétés les plus énergiques. La partie supérieure, n'ayant qu'à supporter le poids de tout ce qui est suspendu, doit surtout résister à la traction et au fouettement. Les tiges supérieures peuvent donc être de plus faible diamètre et être plus légères.

Nos tiges creuses proviennent de tubes d'acier de Suède, doux, soudés ensemble à la soudure oxhydrique par un procédé spécial, de manière à obtenir une longueur de 10 mètres. A chacun des bouts est soudé un court bout de tube, de forte épaisseur dans lequel on découpe, d'un côté, le mâle, de l'autre, la femelle d'emmanchement. Les emmanchements sont munis de plats pour la prise, par la fourche de retenue ou par la clef de serrage (fig. 1, pl. VIII).

Nous avons soin, avant d'employer nos tiges de forage, de leur faire subir une traction supérieure à celle à laquelle elles auront à résister pendant le travail, de manière à éliminer toutes celles qui pourraient présenter quelque défaut de fabrication. Cette épreuve des outils destinés à travailler, surtout par traction, est recommandable en toute occasion, car elle permet bien souvent d'éviter des accidents graves et toutes les pertes énormes en temps et en argent qui s'ensuivent.

Maîtresse-tiges. — Les dimensions et les formes sont exactement les mêmes que celles données aux maîtresse-tiges du système à sonde articulée. Elles sont percées longitudinalement d'un trou d'un diamètre aussi grand que possible, sans que cela nuise trop, cependant, à la force des tenons. Leur longueur doit être de 10 mètres, en deux pièces chacune de 5 mètres (fig. 2, pl. VIII).

Trépans. — Les trépans doivent provenir d'acier spécial, excessivement dur. Nous leur donnons la forme indiquée par la figure 3, pl. VIII. On remarque que deux renflements sont laissés de chaque côté de la lame; dans ces renflements sont creusés les trous pour le passage du courant d'eau, et qui se rejoignent près de l'emmanchement pour se confondre en un seul qui traverse le tenon du trépan.

Cette disposition des ouvertures de sortie de l'eau de chaque côté de la lame permet, suivant la nature des terrains à forer, de laisser ces ouvertures à une plus ou moins grande hauteur au-dessus du tranchant sans apporter de changement à la forme du trépan.

Ainsi, dans les grès, il est indispensable de mettre les ouvertures de sortie de l'eau aussi près du tranchant que possible, afin que l'eau frappe vigoureusement le fond et en opère un lavage énergique. Dans les terrains tendres, les sables, des éboulements, il est quelquefois indiqué d'avoir ces ouvertures un peu plus haut, afin d'en empêcher l'obstruction par des débris trop volumineux.

On donne aux trépans excentriques la même forme qu'aux trépans ordinaires.

Raccord. — Pour réunir la maîtresse-tige aux tiges ordinaires, on emploie un raccord (fig. 4, pl. VIII) portant, d'un côté, une douille se vissant sur le tenon de la maîtresse-tige, et, de l'autre, un tenon fileté se raccordant avec les tiges. Des plats y sont ménagés pour pouvoir le saisir avec la griffe ou la clef de serrage.

Clefs de serrage. — Le vissage du trépan sur la maîtresse-tige devant être assez léger pour que, en cas d'accident, on puisse facilement en opérer le dévissage dans le trou de sonde par les moyens ordinaires, les clefs de serrage doivent être moins fortes que pour le système à sonde articulée. On leur donne la même forme, quoique de dimensions moindres (fig. 5, pl. VIII).

Pour opérer le serrage, on emploie un levier à chaînes, dont une maille de chacune d'elles est passée dans le bout fourchu de chaque clef.

Presse-tiges. — On est souvent amené à maintenir la sonde suspendue à n'importe quelle hauteur du fond; dans ce but, on emploie la griffe à charnière dont la figure 1, pl. IX, nous dispense de toute description.

Pied-de-biche. — Pour relever la sonde, nous employons un instrument appelé pied-de-biche (fig. 2, pl. IX). Il se compose d'un cylindre creux *A* muni d'un retrait qui prend en dessous de l'épaulement du mâle quand on y introduit l'emmanchement de la tige. Un second cylindre *B* entoure le premier et glisse sur lui à frottement doux ; une ouverture correspondant à celle du cylindre *A* y est découpée. Après introduction de l'emmanchement dans l'intérieur de l'instrument, en imprimant un mouvement de rotation d'un quart de tour au cylindre *B*, celui-ci présente sa partie pleine à l'ouverture du cylindre *A* et la ferme complètement. Une rainure, aux bouts de laquelle vient buter un ergot *C*, limite le mouvement de rotation du cylindre enveloppant.

Tête de sonde. — Pour réunir la sonde creuse à la pompe d'injection, on y visse une tête creuse (fig. 3, pl. IX). Cette tête se compose d'un manchon *A* muni, d'un côté, d'une douille *B* se vissant sur le raccord de tiges *C*, de l'autre côté, d'une boite à bourrage *D*, dans laquelle on introduit un tuyau *E* à rebord, sur lequel un joint quelconque est pressé par le calfat à vis *F*. Sur le tuyau *E* se visse un coude à cannelures *G*, que l'on réunit à un tuyau en caoutchouc par un serre-joint (fig. 4, pl. IX). Le filet du calfat *F* doit être à gauche pour empêcher que, sous le mouvement de rotation à droite de la sonde, le calfat ne se dévisse. Un trou central traverse la tête de sonde entière pour le passage du courant d'eau.

Tourne-sonde (fig. 5, pl. IX). — Pour faire tourner la sonde pendant le battage, on emploie un tourne-sonde venant de deux griffes *a b* réunies par deux boulons et embrassant étroitement la tige. On fixe le tourne-sonde à la hauteur convenable.

Fourche de retenue (fig. 6, pl. IX). — Sur le plan supérieur de la fourche est rivée une plaque de forme convenable de façon que, le mâle de la tige reposant dans la fourche par son retrait, la plaque le saisit par le plat qui y est ménagé.

Taraud (fig. 7, pl. IX). — Quand une tige vient à casser dans un trop petit diamètre, pour qu'on puisse la saisir avec tout autre instrument, on se sert du taraud que l'on visse dans la tige même.

Porte-sonde. — Afin de pouvoir saisir la sonde extérieurement à n'importe quelle hauteur, et la maintenir suspendue au balancier de battage, on se sert du porte-sonde (fig. 8, pl. IX). Il se compose d'une bague *A*, munie de deux tourillons qui sont saisis par deux oreilles *B C* suspendues sur les chaînes ou les cordes de battage. Un anneau *D*,

roulant sur un train de galets, est introduit dans la bague *A*; deux cales *E F* y sont glissées et cernent la sonde dans l'anneau.

Pompe foulante. — La meilleure pompe et la seule recommandable est à plongeurs avec joints extérieurs. Pour qu'elle prenne moins de place, on la construit ordinairement verticale avec deux cylindres à vapeur compound dont les tiges de piston sont réunies directement aux pistons de la pompe. Des bielles en anses réunissent les tiges des pistons avec un arbre coudé sur lequel sont calés deux forts volants. Des excentriques règlent l'admission de la vapeur aux cylindres. Par des ouvertures disposées convenablement, on doit pouvoir vérifier facilement l'état des soupapes. Les joints des pistons étant extérieurs, on peut facilement en renouveler la garniture.

Une telle pompe peut fouler de l'eau boueuse sans que ses organes en subissent la moindre usure.

Pour empêcher que la pression ne monte trop haut par suite de l'inattention du personnel, on place une soupape de sûreté sur la conduite de la pompe à la sonde, de même que pour empêcher la fuite de l'eau de toute la pompe quand celle-ci est arrêtée, on met un clapet de retenue au bout du tuyau d'aspiration.

Pour que l'enlèvement du fond du trou de sonde, des particules gréseuses assez volumineuses, soit plus facile, il est préférable d'employer une eau trouble, chargée d'une boue schisteuse ou marneuse plutôt que complètement claire. Il suffit, par la décantation, d'opérer la séparation des particules gréseuses que contient l'eau à sa sortie du trou de sonde. Elle peut ensuite être reprise par la pompe chargée de toute la pâte grasse du terrain.

Tuyau en caoutchouc. — On relie la sonde à la pompe par un tube en caoutchouc de 3 à 4 pouces de diamètre, et capable de résister à une pression de 15 à 20 atmosphères. Pour le préserver de l'usure trop rapide extérieure, on le garnit de bandes de toile collées.

Dispositifs de battage.

Dispositif Raky (fig. 1, pl. X). — Le balancier *A* est suspendu par les boulons *b c*, les axes *d e*, les ferrures *f g* sur une pièce de bois *B* s'appuyant sur un jeu de ressorts en spirale rangés sur la pièce *C*. L'axe du balancier *d* est maintenu par ses bouts dans des joues *h i* fixées sur les montants du chevalet *j k l*. Le balancier reçoit son mouvement oscillant d'un excentrique *m* calé sur l'arbre de couche *n* du treuil de manœuvre par l'intermédiaire d'une bielle *o*. La sonde est reliée au balancier par un couple de serre-tiges (fig. 2, pl. X), que l'on fixe sur la tige à hauteur convenable. Ce dispositif de soutien se compose d'un siège *A* oscillant par ses tourillons dans les paliers *B C*, fixés sur la tête du balancier. Les mâchoires à charnières *D E* se placent l'une sur l'autre sur le siège *A*. La tige de forage est introduite par le haut entre les mâchoires et serrée dans celles-ci par le jeu des vis *F G*, qui repoussent les griffes *a b*. Sur les vis *F G* sont placées à demeure fixe deux clefs, dont on peut changer la position à volonté en les attirant vers le bout tourné des vis et en leur imprimant une oscillation convenable; les ressorts *c d* repoussent les clefs sur le carré des vis *F G*. La mâchoire supérieure *E* porte quatre tiges *p q r s* qui glissent dans des trous ménagés à même la mâchoire, et qui sont repoussées vers le bas par des ressorts en spirale.

Le jeu de ce dispositif est facile à comprendre :

Les mâchoires étant serrées sur la sonde, on fait tourner celle-ci, pendant le battage, en s'aidant des clefs de serrage. Si on veut lâcher la sonde, on desserre premièrement la mâchoire *D*, qui est soulevée d'une hauteur réglée d'avance par le jeu d'écrous serrés sur l'extrémité des tiges *p q r s*, et on la serre à nouveau dans cette nouvelle position. Cela fait, on desserre la mâchoire *E*, la sonde glisse sous son poids et s'appuie de nouveau sur la mâchoire *D* qui s'abaisse.

Si l'on veut relever la sonde pendant le battage, ou si l'on veut faire passer l'emmanchement des tiges au delà des mâchoires de serrage, on imprime un mouvement de rotation convenable à une vis sans fin *t*, qui engrène avec deux roues dentées *u v*, se vissant sur les boulons *b c*; le balancier se soulève en relevant la sonde.

Le treuil de manœuvre de la sonde se compose d'un tambour et d'une série d'engrenages commandés par des embrayages à friction, qui reçoivent leur mouvement de rotation d'un moteur quelconque par l'intermédiaire de l'arbre *n*, la poulie *w* et la courroie *x*. Le tout est fixé sur le soubassement du chevalet de battage.

Par la suspension du balancier sur une série de ressorts, on obtient un mouvement de battage plus doux avec amortissement des chocs; ensuite, la sonde étant lancée avec une grande vitesse sur le fond, donne un effet utile beaucoup plus élevé.

Raky obtint en Allemagne et en Belgique des avancements de plus de 200 mètres en 24 heures de travail, dans des terrains particulièrement faciles à forer. Il essaya aussi d'introduire son système de sondage en Galicie et en Roumanie; mais il ne put arriver à aucun résultat satisfaisant, car son système n'était pas agencé pour la traversée de terrains aussi difficiles à sonder que ceux de ces pays.

Le dispositif de suspension du balancier sur des ressorts du système Raky peut aussi s'adapter à un treuil de manœuvre à courroies. Il suffit d'apporter quelques légères modifications au chevalet de soutien des tambours d'enroulement.

Dispositif Vogt (fig. 3, pl. X). — Ce dispositif présente peu de différence comme disposition générale avec le dispositif Raky. Au lieu de suspendre son balancier sur des ressorts, Vogt place ceux-ci en dessous des mâchoires de serrage et de l'axe de la bielle, de manière que, pendant le battage, le balancier subit un mouvement d'oscillation plus rapide que la bielle.

Vogt emploie, pour fixer la sonde au balancier, le même dispositif de serrage que Raky. Le balancier reçoit son mouvement également d'un excentrique. Le treuil de manœuvre est aussi à engrenages. Le balancier est suspendu sur le chevalet de battage par le même dispositif que celui de Raky.

Vogt a aussi obtenu en Allemagne et en Belgique des avancements de plus de 200 mètres par jour. En fait, les deux dispositifs, Raky et Vogt, construits sur le même principe, donnent exactement les mêmes résultats.

Ils emploient des tiges de forage à manchons, comme le montre l'emmanchement du milieu de la tige (fig. 6, pl. VIII). Pour relever la sonde, ils se servent d'un pied-de-biche ou d'une tête de sonde (fig. 9, pl. IX).

Dispositif Fauck (fig. 4, pl. X). — Une chaine *A* passe sur les poulies *B C*, embrasse la poulie *D*, qui reçoit un mouvement d'oscillation par l'intermédiaire d'un boulon calé excentriquement sur le bout de l'arbre de couche du treuil, passe sur la poulie *E* et va s'enrouler sur le tambour *F*, commandé par une roue dentée engrenant avec une vis sans fin. Un contrepoids, attaché à la poulie *D*, contrebalance tout le poids de la sonde et réduit l'effort du moteur au minimum.

Les manœuvres se font à l'aide de tambours commandés par des courroies et fixés sur le chevalet de battage.

Ce dispositif de forage, d'une grande simplicité, est assez employé pour la recherche du pétrole en Galicie et en Roumanie.

Le boulon de support de la poulie-excentrique peut se déplacer, de manière à donner une course plus ou moins grande. On peut, de cette façon, employer à volonté soit le système de forage à la glissière, soit le système de forage à courant d'eau.

Dispositif Fauck (fig. 1, pl. XI). — Concurremment avec le dispositif décrit plus haut. Fauck emploie encore un autre dispositif basé sur un autre principe.

Il se compose d'une boiserie *a b c d e f g h*, supportant un balancier *i*, qui reçoit un mouvement d'oscillation d'un excentrique venant de l'arbre de couche même par l'intermédiaire d'une bielle. La sonde est suspendue sur une corde en fil d'acier, qui passe sur les poulies *j k*, et va s'enrouler sur un tambour *l* commandé par une série d'engrenages engrenant avec une vis sans fin. Le poids de la sonde est contrebalancé par un dispositif à ressort en spirale *m*, fixé, d'un côté sur le soubassement, de l'autre au balancier. Un volant-écrou *n* permet de tendre les ressorts à volonté.

Le treuil de manœuvre, à tambours commandés par des courroies, est entièrement séparé du treuil de battage et reçoit son mouvement à part du moteur. Il est placé de l'autre côté du trou de sonde, sur le même axe que celui du treuil de battage.

Ce dispositif n'est pas combiné pour travailler soit à sec, à la glissière, soit avec courant d'eau et sonde rigide. On ne peut l'employer que pour ce dernier mode de travail. C'est un grand désavantage pour la recherche du pétrole. On peut cependant facilement le modifier en y adaptant un excentrique de battage à course interchangeable tel que ceux montrés par les figures 2 et 3, pl. XI.

Pour relier la sonde à la pompe foulante et la suspendre sur le balancier, Fauck emploie la tête de sonde (fig. 10, pl. IX).

Elle se compose d'un manchon *A* porté par un anneau à tourillons *B* sur lequel roule un train de galets. Deux écrous *a b* rendent l'anneau *B* solidaire du manchon *A*. Un tuyau à rebord *C* est glissé dans la boîte à bourrage; un joint est pressé sur le tuyau *C* par un calfat *D*. Un coude cannelé est vissé sur le bout du tube *C* et est relié au tuyau en caoutchouc de la pompe foulante par une bride. Deux tringles *E F* permettent de suspendre le tout sur la corde de battage. Un raccord *G* relie la tête de sonde aux tiges.

La figure 6, pl. VIII, montre la forme que donne Fauck à ses tiges de forage. Elles sont en deux pièces, réunies par un manchon et coiffées, d'un côté, d'un manchon mâle et, de l'autre, d'un manchon femelle. Le manchon mâle est muni d'un retrait cylindrique, qui permet de saisir la tige dans un pied-de-biche, et d'un carré pour la fourche de retenue; le manchon femelle est muni d'un carré pour la clef de serrage. Les bouts filetés des tiges sont légèrement coniques, munis d'un filet à gros pas et portent l'un sur l'autre.

La figure 7, pl. VIII, montre le pied de biche employé par Fauck. Il se compose d'un cylindre *A*, dans lequel est découpée une ouverture pour le passage de la tige; un anneau *B* en retombant retient la tige prisonnière dans le pied-de-biche. Le tout est suspendu sur un anneau-tournant et une chaine qne l'on relie au contre-poids de la corde de manœuvre.

Fauck construit ses trépans comme le montre la figure 8, pl. VIII. Il n'y a qu'un trou central qui aboutit au centre de la lame.

Il fait constamment filer ses colonnes de tubes au fur et à mesure de l'enfoncement, de manière à avoir toujours sa sonde garantie contre les éboulements. Dans ce but, il surmonte son trépan d'un élargisseur à ailettes (fig. 11, pl. IX), que nous décrivons plus loin, muni de canaux pour le passage du courant d'eau. Il fore le trou et l'élargit en même temps.

Il injecte l'eau par la colonne de tubes de garantie et la fait ressortir par l'intérieur des tiges de forage. Dans ce but, il visse sur la tête de sa colonne hermétique ou de garantie une tête de tubes (fig. 12, pl. IX). Elle consiste en un tube en fonte *A*, muni d'une tubulure latérale *B* que l'on relie à la pompe foulante à l'aide d'un tuyau en caoutchouc. Une boîte à bourrage *C* se visse sur le tube *A*. La dernière tige de la sonde traverse la boîte à bourrage et fait joint dans celle-ci. Il emploie encore la tête de tubes (fig. 1, pl. XXXVIII), construite sur le même principe.

Par ce moyen, Fauck opère un enlèvement plus facile et plus rapide des débris volumineux arrachés par le trépan à la roche, le courant ascendant d'eau dans les tiges ayant une vitesse plusieurs fois supérieure à la vitesse du courant descendant dans la colonne de garantie, vitesse que l'on ne pourrait jamais obtenirpar cette dernière.

Le dispositif Fauck, basé en grande partie sur un principe mis depuis longtemps en pratique dans les exploitations pétrolifères, est le seul de ce genre qui ait réussi à donner de bons résultats en pays pétrolifères, tels que la Galicie ou la Roumanie.

Fauck a creusé en Galicie, entre autres, plusieurs puits à des profondeurs d'environ 1000 mètres avec une rapidité remarquable et un prix de revient relativement peu élevé.

Dispositif Lapp (fig. 4, pl. XI).— Sur un chevalet *A B C* oscille un balancier *D* qui reçoit son mouvement d'une manivelle par l'intermédiaire d'une bielle *E*. Deux chaînes de Galle passent sur des poulies *F G* fixées sur la tête du balancier *D*, vont engrener avec les roues dentées *H I J* commandées par la roue *K* et la vis sans fin *l*, passent sur les poulies *m n*, pour rejoindre ensuite un contrepoids *O* guidonné dans une cage métallique. Les chaînes supportent un dispositif à ressorts sur lequel la sonde repose par l'intermédiaire d'une griffe tournant sur un jeu de galets. La vis sans fin *l* est commandée du sol à l'aide d'une tringle en deux pièces, glissant l'une dans l'autre en *p*.

La manivelle (fig. 3, pl. XI) est construite de façon à pouvoir modifier la course depuis 0^m05 jusque 0^m50. On peut, en conséquence, employer ce dispositif de battage, soit pour le système à la glissière, soit pour le système à courant d'eau.

Elle se compose d'une joue *A*, dans laquelle une rainure longitudinale est découpée; on y glisse premièrement un certain nombre de blocs d'acier *a b c d e*, ensuite le boulon de battage, et l'on remplit le reste de la rainure avec d'autres blocs *f g h*. Une cale *i* presse le tout dans la joue *A*. Une plaque *j* ferme la rainure et est fixée sur la joue à l'aide de vis.

On comprend facilement que, si l'on veut modifier la course du balancier, il suffit de déplacer les blocs d'acier pour repousser ou rapprocher le boulon de battage du centre de l'arbre de couche.

Lapp emploie pour la manœuvre de la sonde, un treuil à engrenages séparé du treuil de battage et placé de l'autre côté du trou de sonde en ligne directe avec ce dernier.

Ce dispositif de forage, avec lequel on a foré un puits de 1,000 mètres en Galicie

pourrait, en y ajoutant un treuil de manœuvre à courroies, donner de très bons résultats pour la recherche du pétrole.

Dispositif Petit (fig. 5, pl. II). — Dans notre dispositif de forage, au contraire de ce que font Fauck et Lapp, nous réunissons les deux treuils de manœuvre et de battage ensemble, de manière qu'ils soient aussi peu encombrants que possible et que leur montage soit plus rapide et plus facile.

Un balancier *A* oscille sur le chevalet *B*, et reçoit son mouvement d'une double manivelle à course interchangeable *C* par l'intermédiaire d'une bielle extensible *D*. La sonde est suspendue au balancier par un porte-sonde *E*, soutenu par les cordes *F G* qui passent sur les poulies *H I*, et vont se réunir à une seule corde *J* par l'intermédiaire d'un levier *K*. Cette corde *J* passe sur la poulie *L* et va s'enrouler sur le tambour *m*, commandé par les roues d'engrenage *n o p*; cette dernière engrène avec une vis sans fin *q*, que l'on peut relever à volonté à l'aide de la vis *r* et du volant *s*. La vis sans fin *q* est commandée par un volant à manettes *t*.

Le poids de la sonde est contre-balancé par une série de ressorts intercalés entre les deux pièces *u v*. Une bride à vis *w* permet d'allonger la bielle et de presser le balancier sur les ressorts, suivant les besoins. Le tambour de manœuvre est placé au-dessus du balancier, sur le chevalet *A C' D'* et reçoit son mouvement par courroie d'une poulie de commande *E'*.

La double manivelle se compose de deux joues *A B* (fig. 2, pl. XI), munies chacune d'une rainure en queue d'aronde et dans lesquelles le boulon *C* est glissé. Des goupilles à écrou calent le boulon *C* dans les joues *A B*. Par un simple glissement du boulon *C* dans les rainures des joues, et par une simple interposition des goupilles, on obtient un changement de course depuis $0^{m}05$ jusque $0^{m}50$.

Dispositif Petit, combiné pour le forage à sonde rigide et courant d'eau, à sonde articulée avec glissière ou chute libre, et à la corde. — Un dispositif de forage rationnellement construit pour la recherche du pétrole à grande profondeur, présente les conditions suivantes :

1° Il faut que le point d'attache de la sonde au dispositif de battage soit assez élevé pour qu'on puisse allonger la sonde d'une longueur de tige d'au moins 5 mètres, afin que cet allongement se fasse aussi rarement que possible ;

2° Il faut que le dispositif de lâchage de la sonde donne assez de force pour relever celle-ci très facilement pendant le battage, et que ce lâchage puisse se régler à un millimètre près ;

3° Pour le forage à sonde rigide et courant d'eau, il faut que l'excentrique de battage reçoive son mouvement d'un moteur marchant à une vitesse raisonnable ;

4° Il faut que le dispositif de manœuvre de la sonde donne une grande vitesse de remonte et de descente avec une force suffisante pour relever la sonde de toute profondeur sans le secours de palans ;

5° Il faut pouvoir passer du système de forage à courant d'eau au système à sonde articulée et vice-versa, sans faire subir aucun changement au dispositif de battage, et cela en quelques instants ;

6° Il faut que tout le poids de la sonde soit contre-balancé, pour réduire l'effort du moteur au minimum ;

7° Il faut que le dispositif de manœuvre soit muni d'un dispositif de curage à la cordelette pour le forage à sec ;

8° Il faut que le dispositif de battage soit disposé de façon que le balancier

reçoive un choc à la relevée de la sonde et un autre à la descente, en cas de forage à la chute libre.

Nous avons appliqué ces différentes conditions à la construction de notre dispositif de forage (fig. 1, pl. XII).

Sur les quatre pièces longitudinales *a b c d* viennent se placer les quatre pièces transversales *e f g h*, dont *e g* soutiennent les montants de la chèvre. Sur les pièces *f g h* sont boulonnées les pièces *i j k l* de soutien des paliers des arbres de couche du treuil. Le chevalet *m n o p* de battage est dressé sur les pièces *j k* et supporte les traverses *q r*, sur lesquelles les paliers *s t* du balancier *u* sont fixés. Le balancier *u* reçoit son mouvement d'un excentrique *v*, calé sur un arbre *w* ou d'une manivelle *x*, calée sur le bout de l'arbre *y*, par l'intermédiaire d'une bielle *v'*. L'arbre *w* est commandé par l'arbre *y*, par l'intermédiaire de deux roues d'engrenage, faisant corps, l'une avec la manivelle *x*, l'autre avec l'excentrique *v* (fig. 2, pl. XII).

Le balancier *u* porte deux poulies *z z'*, sur lesquelles passe un câble plat en fils d'acier, qui va s'enrouler sur un tambour *a'*, commandé par un jeu d'engrenages engrenant avec une vis sans fin *b'*, et qui soutient la tête de sonde *c'*; celle-ci est reliée à une conduite en tubes *d'* par l'intermédiaire d'un tuyau en caoutchouc, *e'*. Des ressorts en spirale *f'* appuient sur l'extrémité antérieure du balancier *u* par la tige *g'* ; un volant à main *h'* permet de tendre les ressorts à volonté.

Le dispositif de manœuvre comprend un rouleau *i'*, muni de deux tambours *j'' k'* de diamètres différents, commandés chacun par les roues de commande *l' m'*, également de diamètres différents, à l'aide de courroies. Du rouleau *i'* partent deux câbles ronds en fils d'acier qui vont, en passant sur les poulies *n' o'* du haut de la tour, rejoindre un contre-poids *p'* par l'intermédiaire d'un levier oscillant. Un tambour *q'* d'enroulement de la cordelette de curage reçoit son mouvement par la courroie d'une poulie *r'* calée sur l'arbre *w*. La cordelette de curage part du tambour *q'* et passe sur la poulie *s'*, suspendue sur la pièce *t'* par le moyen déjà décrit autre part, pour soutenir la cuillère *u'*. Les rouleaux de friction des courroies de manœuvre sont supportés par des tringles oscillant sur le bout de collets venant des poulies de commande mêmes.

Pour le forage à sonde rigide et courant d'eau, le dispositif est monté comme le montre la figure. Si l'on veut passer au forage à sec, il suffit de détacher le collier d'excentrique de la bielle en détachant l'emmanchement à cale, dont celle-ci est munie, et de le remplacer par un étrier à paliers (fig. 3, pl. XII). On attache la bielle *v'* au bouton de la manivelle *x*, après avoir enlevé la tige *g'* et reculé le palier *w'* vers le bout du balancier, de façon qu'il soit d'aplomb avec la manivelle; le tout est prêt pour le battage à la glissière ou à la chute libre.

Pour le battage à la chute libre, le balancier reçoit un choc en frappant sur les pièces *x' y'*. Si la profondeur du trou de sonde est trop faible, partant le poids des tiges trop léger pour qu'on puisse obtenir un déclanchement facile de l'instrument à chute libre, en suspendant la sonde sur le câble de lâchage, on peut remplacer celui-ci par une vis de rappel que l'on attache au balancier à la place de la poulie *z*.

Si l'on veut employer le système à la corde, on se sert du tambour *q'* pour l'enroulement de la corde et d'une vis de rappel, employée ordinairement pour ce système de sondage; on peut encore attacher la corde de battage au câble plat de lâchage par la bride bien connue.

Pour la remonte de la sonde d'une grande profondeur, on se sert du tambour *k'*;

quand la plus grande partie en est remontée, on se sert du tambour *j'*. Pour la descente de la sonde, on se sert alternativement des deux tambours, premièrement du tambour *j'*, pour relever le pied de biche à hauteur de tige, et secondement, du tambour *k'* pour soulever la sonde de la fourche de retenue, quand elle devient trop pesante pour qu'on puisse le faire avec le tambour *j'*

La figure 2, planche XII, montre la liaison de l'excentrique avec la manivelle de battage, la figure 3 le collier d'excentrique, tandis que la figure 4 montre la disposition du soubassement du treuil.

Mode d'emploi du système à sonde rigide avec courant d'eau.

Ordinairement, on creuse un avant-trou d'une certaine profondeur, soit à la main, soit à la tarière, soit encore par le système à la glissière, avant d'appliquer la sonde à courant d'eau. On a, de la sorte, déjà un certain poids de sonde qui donne par sa chute sur le fond un choc suffisant.

Ayant attaché la sonde au balancier par le moyen dont on dispose, on y injecte un courant d'eau; on met le balancier en mouvement et on laisse glisser la sonde jusqu'à ce qu'elle touche le fond. La sonde en frappant sur le fond rend un son qui guide le chef-sondeur dans le réglage de sa longueur; par la pratique, il saisit très bien le moment où il doit laisser glisser la sonde d'une quantité nécessaire pour que le choc produise tout son effet utile. Quant à la vitesse de battage, elle est réglée de façon que le jeu de la sonde soit bien régulier.

Le forage à la sonde rigide est le plus simple que l'on puisse imaginer; toute l'attention doit être portée sur la durée du choc. On doit surtout éviter de tenir la sonde trop lâche, car il peut s'en produire, en ce cas. des ruptures ou des ploiements de la partie inférieure. Le mieux est de tenir la sonde bien tendue et de profiter de l'allongement des tiges et de l'affaissement, soit des ressorts, soit de tout le dispositif de battage pour obtenir un choc vigoureux sur le fond.

On compare la dureté des différentes couches de terrains traversés en tenant compte du temps mis à la perforation d'une certaine hauteur. Le son rendu par la sonde est aussi un moyen d'indication précieux.

On recueille de temps en temps des échantillons de détritus ramenés par le courant d'eau et on les classe avec soin.

Quand on approche des couches pétrolifères, on voit l'eau de retour se recouvrir d'une légère teinte irisée, même de gouttes de pétrole. On doit alors apporter toute son attention à la traversée des différentes couches pour bien reconnaitre celles qui sont pétrolifères de celles qui ne le sont pas.

On doit aussi mesurer avec soin le volume d'eau ajouté pour compenser les pertes de façon que, si l'eau d'injection était absorbée, soit par une cassure, soit par une couche absorbante, on puisse s'en rendre compte immédiatement.

Les nappes aquifères, que l'on rencontre souvent dans les couches supérieures, peuvent absorber un volume d'eau égal au volume qu'elles pourraient produire. On est, pour cette raison, souvent obligé de procéder à une fermeture des eaux à une faible profondeur.

On rencontre souvent dans les terrains pétrolifères des couches d'eau artésienne qui s'infiltre de la surface en profondeur suivant le pendant des couches. Si leur puissance hydrostatique est compensée par une colonne de liquide suffisamment haute dans le trou de sonde, on ne constate pas leur présence, et ce n'est que plus tard, quand on met le puits en exploitation, c'est-à-dire quand on soutire une certaine quantité de liquide, que l'on constate la venue d'une eau que l'on ne soupçonnait pas. En un cas semblable, l'eau que l'on injecte ne reste pas absorbée, car tout son poids suffit pour contre-balancer la pression de l'eau artésienne qui, d'ailleurs, par le frottement dans les terrains, rencontre une grande résistance dans ceux-ci.

Il est bon, de temps en temps, d'enlever toute l'eau du trou de sonde pour se rendre compte si l'on n'a pas traversé une couche aquifère ou même pétrolifère sans s'en apercevoir. De plus, il est bon, quand on arrive dans des terrains à facies pétrolifères, de ne tuber qu'avec des tubes perforés qui laisseront passer le liquide tout en maintenant les terrains.

Système à percussion automatique de Wolski.

M. Wolski a inventé et mis en pratique un nouveau système de forage basé sur un principe que l'on avait déjà cherché à utiliser en sondage, il y a de nombreuses années. La sonde qu'il emploie consiste en tubes d'un diamètre de 2 à 3 pouces qui soutiennent un moteur donnant au trépan un mouvement rapide de va-et-vient sous la simple pression de l'eau que l'on injecte dans la sonde.

Le moteur (fig. 9, pl. VIII) se compose d'un piston *a* jouant dans un cylindre *b*; la tige du piston *a* est reliée à un trépan *c* de 150 kilogr. de poids environ ; un ressort en spirale *d* tend à relever constamment le piston *a;* une soupape évidée *e* ferme les ouvertures d'échappement *f g*, et reste suspendue sur un ressort *h* à une certaine hauteur au-dessus de son siège; un tube *i* enveloppe le moteur et a son ouverture un peu au-dessus de la lame du trépan.

Voyons maintenant comment fonctionne cet appareil : le moteur est descendu sur le jeu de tiges creuses que l'on relie à une puissante pompe foulante par un tuyau en caoutchouc, et l'on injecte un courant d'eau dans la sonde sous une pression de 15 à 20 atmosphères; l'eau passe par les ouvertures *f g;* mais aussitôt qu'elle acquiert une vitesse suffisante, elle entraine la soupape *e* et l'applique sur son siège, tandis que la pression se reporte sur le piston *a*, ce qui amène un projettement de celui-ci et un choc violent du trépan sur le fond du trou de sonde. Au moment où le piston *a* est arrêté dans sa chute, il se produit une vibration dans la colonne liquide, la soupape *e* se soulève et laisse l'eau de nouveau couler par les ouvertures *f g*, tandis que le piston est relevé à hauteur par l'effet du ressort antagoniste *d*. Il se produit une nouvelle fermeture des évents *f g*, une nouvelle chute du piston et ce jeu se continue sans interruption, tant que l'on foule de l'eau à grande pression dans la pompe. L'inventeur calcule qu'avec une pression de 20 atmosphères, le trépan reçoit plus de 3000 vibrations par minute. La hauteur de chute n'est que de 4 à 5 centimètres, mais, vu le nombre de coups donnés en un temps voulu, on comprend que l'avancement soit rapide. L'eau qui coule par les ouvertures *f g* circule dans le tube

i et va laver le fond pour remonter au sol chargée de détritus. On tient la sonde suspendue sur un palan, tout en la faisant tourner, et on la laisse glisser insensiblement au fur et à mesure de l'enfoncement.

Cet appareil fonctionne admirablement bien et donne des avancements énormes; cependant, quoique d'une grande simplicité, il demande encore trop de réparations et est, en somme, un instrument bien délicat à mettre entre les mains d'un personnel bien souvent si peu soigneux. N'était cet inconvénient, ce nouveau système de forage présenterait l'idéal souhaité, car il n'est plus besoin de dispositif de battage plus ou moins compliqué, la sonde restant immobile et le moteur, seul, travaillant au fond. Nous craignons bien que l'inventeur ne rencontre beaucoup de difficultés à appliquer son système sur une grande échelle, celui-ci demandant un personnel d'élite que l'on ne trouve que difficilement.

Comme toujours en pareil cas, une foule d'inventeurs ont cherché d'autres dispositifs basés sur le même principe que celui de Wolski, mais il faut avouer que le résultat de leurs recherches n'est pas toujours heureux. Si l'appareil de Wolski, si simple et si bien compris, présente des difficultés dans son application, que dire d'autres qui ne font que compliquer cette application, sinon qu'ils sont destinés à rester de beaux spécimens de l'ingéniosité humaine, rien de plus.



CHAPITRE II.

TUBAGES

Afin d'éviter les éboulements des couches tendres qui gêneraient le travail effectif du trépan, et pourraient même provoquer un recouvrement de celui-ci, on descend des colonnes de tubes en fer ou en acier dont les bouts sont rivés ou vissés l'un dans l'autre. Dans les exploitations pétrolifères, jusqu'à une certaine profondeur qui dépend de la nature des terrains, on emploie des colonnes en tôle de faible épaisseur : 2 à 5 millimètres rivées. Quand on approche du gisement pétrolifère, ou quand la nature des terrains traversés rend l'emploi de tubes en tôle mince dangereux, on se sert de tubes en fer ou en acier étiré, munis de bouts filetés et s'emmanchant l'un dans l'autre par vissage, soit pour faire immédiatement un joint hermétique qui coupe les eaux supérieures, soit pour les faire filer au fur et à mesure de l'enfoncement.

On trouve actuellement dans le commerce des tubes de toutes dimensions qui répondent à tous les besoins. Ces dimensions sont :

1re	colonne :	Diamètre	intérieur	50	millimètres	Diamètre	extérieur	57	millimètres
2e	»	»	»	70	»	»	»	77	»
3e	»	»	»	90	»	»	»	97	»
4e	«	»	»	120	»	»	»	127	»
5e	»	»	»	150	»	»	»	159	»
6e	»	»	»	190	»	»	»	199	»
7e	»	»	»	216	»	»	»	226	»

On remarquera l'écart qu'il y a entre les diamètres respectifs de chaque colonne : ainsi entre la première et la deuxième colonne nous avons 20 millimètres de jeu, tandis qu'entre la quatrième, la cinquième et la sixième, nous en avons 30. Cela est tout à fait anormal. Les exploitants de pétrole ont déjà cherché à remédier à cet inconvénient sans arriver à une entende définitive entre eux. Différentes échelles de dimensions ont été proposées, même mises en pratique, mais sans cependant recevoir une application générale. La raison en est que les exploitations, qui datent de longues années, sont amplement pourvues de colonnes de tubes, et qu'il est d'usage qu'un puits étant épuisé, on en retire les tubages pour les employer au forage de nouveaux puits. Personne ne veut se munir de tubes nouveaux qui ne correspondraient pas aux anciens. On se trouve donc entre deux alternatives : ou continuer à employer les

anciennes dimensions de tubes qui se trouvent couramment dans le commerce, ou les rejeter complètement et ne plus employer que des tubes de dimensions également graduées. Pour les commençants, il est de tout avantage de commander spécialement les tubes en fabrique suivant les dimensions suivantes :

1re colonne	: Diamètre	intérieur	50	millimètres	Diamètre	extérieur	57	millimètres
2e	»	»	»	75	»	»	»	82	»
3e	»	»	»	100	»	»	»	108	»
4e	»	»	»	125	»	»	»	134	»
5e	»	»	»	150	»	»	»	159	»
6e	»	»	»	175	»	»	»	184	»
7e	»	»	»	200	»	»	»	209	»
8e	»	»	»	225	»	»	»	234	»

Ils ont, de cette façon, huit colonnes de tubes à leur disposition au lieu de sept. On comprend de quelle ressource précieuse cette colonne accessoire peut être pour la traversée de terrains ébouleux, fortement serrants. Elle permet de commencer le sondage avec un plus faible diamètre et d'épargner une grande partie des tubages en tôle mince; on obtient un avancement plus rapide et une économie sensible sur le prix total du sondage.

Fabrication des tubes en tôle.

Le cintrage des tubes en tôle se fait à l'aide d'une machine dite à cintrer (fig. 1, pl. XIII). Elle se compose de trois cylindres *A B C* creux ou pleins suivant leur diamètre, mobiles dans leurs paliers. Une roue d'engrenage leur imprime un mouvement de rotation par l'intermédiaire d'un pignon et de manivelles. Un espace est ménagé entre le cylindre du haut *A* et celui du dessous *B*, suffisant pour permettre le passage de la tôle à cintrer. Lorsque la feuille de tôle glissant entre les cylindres *A* et *B* butte contre le cylindre *C*, celui-ci la force à se plier et à prendre la courbure voulue. A l'aide de vis, on élève ou on baisse le cylindre *C*, de manière à amener la tôle à un cintrage de plus ou moins grand diamètre.

Les tôles sont préalablement percées longitudinalement et circulairement aux deux bouts de trous pour recevoir les rivets de la couture et de raccordement, de telle façon que tous les bouts d'une colonne pris au hasard puissent se raccorder exactement; elles doivent provenir de fer de toute première qualité, doux, se pliant et bosselant facilement sans se déchirer ni se fendre. Les rivets doivent aussi être de bon fer et doivent être soigneusement recuits avant d'être employés; leur diamètre est en relation directe avec l'épaisseur des tôles; ils doivent être espacés de 0^m08 l'un de l'autre pour la couture longitudinale; pour le raccordement des tuyaux l'un à l'autre, ils doivent être disposés en quinconce sur deux rangées à 0^m08 d'intervalle et à 25 millimètres du bord du tube.

Avant d'aplatir le rivet, il est bon de serrer les tôles l'une sur l'autre à l'aide d'une étampe, de manière qu'il soit bien cerné et qu'il ne soit pas entouré de bavures qui provoqueraient le coupage de la tête. La différence de diamètre entre chaque colonne n'étant que de 25 millimètres, il est indispensable de bien aplatir le rivet

tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, de manière qu'il dépasse de très peu la tôle du tube.

Il est bon de s'assurer, lors de la construction des tubes, que les tôles soient bien tournées de gauche à droite, et que la couture, si peu saillante qu'elle soit, se trouve disposée de façon que les outils de sauvetage, en cas d'accident, ne puissent endommager les tubes.

Opérations de descente des tubes en tôle.

On descend premièrement un bout de tube dans le sondage en le saisissant par la tête à l'aide d'un collier en fer (fig. 2, pl. XIII) ou avec une corde ; on passe encore une barre de fer au travers de trous pratiqués à même le tube et qu'on saisit avec une corde aux deux bouts (fig. 3, pl. XIII) ou par l'intérieur du tube avec un crochet. On pose le tube sur le plancher en l'y maintenant à l'aide d'une seconde barre de fer qu'on passe au travers, de manière que la frette soit à environ un mètre de hauteur ; on détache le crochet ou la corde et l'on saisit un second tube que l'on présente au premier ; les trous de jonction se rapportant bien ou étant alésés si leur rencontre n'était pas primitivement exacte, on procède à la pose des rivets que l'on maintient en place, en les saisissant par le bout ressortant extérieurement du tube, avec une ficelle, l'un après l'autre. Pour passer les rivets dans les trous, on ménage à 0^m10 environ du bout de chaque tube une ouverture assez grande pour qu'on puisse y passer le bras. Quand tous les rivets sont placés, on descend soit un marteau, soit même le contre-poids du câble de manœuvre dans l'intérieur du tube et, le saisissant d'une main, on le presse contre le rivet, tandis que de l'autre main on l'aplatit à petits coups de marteau. Cette méthode de rivage permet de descendre des bouts de tubes de 10 à 12 mètres de longueur, ce qui raccourcit beaucoup la durée de tubage. La présence d'une assez grande ouverture à même le tube est un grand inconvénient quand la colonne doit maintenir des terrains très ébouleux, des sables boulants etc., car des éboulements se produisent par cette ouverture et gênent fortement la marche du forage. Bien souvent on est obligé de descendre les tubes complètement hermétiques ; la méthode de tubage est alors différente.

Après avoir descendu un premier bout de tube qui peut avoir 10 à 12 mètres de longueur, tandis que les suivants n'auront que 6 mètres au plus, et en avoir emmanché un second, on descend les rivets un par un sur une ficelle à 0^m40 environ plus bas que les trous ; puis, au moyen d'un fil de fer au bout recourbé en crochet que l'on fait passer par le trou à river, on saisit la ficelle à laquelle est attaché le rivet, et lorsqu'on l'a attirée en dehors du tube, on la coupe en laissant un bout par lequel on attire le rivet dans le trou (voir fig. 4, pl. XIII). Quand tous les rivets sont placés, on redresse bien la colonne de manière qu'elle soit bien rectiligne, puis on descend un instrument appelé rivoir à l'intérieur du tube et à la hauteur des rivets. On cerne l'instrument dans le tube de manière que les rivets soient bien appliqués intérieurement sur la tôle; on n'a plus qu'à couper la partie effilée (fig. 4, pl. XIII) du bout des rivets et à les aplatir l'un après l'autre ; on desserre le rivoir et, quand il est retiré du tube et mis sur le côté, on passe au tube suivant.

Le tubage est une des opérations les plus importantes en sondage ; il demande tout le soin et l'attention du sondeur. D'un bon tubage dépend souvent la réussite du sondage ; aussi ne saurait-on être trop scrupuleux dans les opérations de fabrication et de descente des colonnes.

Appareil à river les tubes (*Système Petit*).

Il existe diverses formes de rivoirs qui donnent de plus ou moins bons résultats. La première qualité d'un tel appareil est de pouvoir cerner tous les rivets d'un coup et de le faire en le moins de temps possible.

Le rivoir que nous avons inventé, et dont nous nous servons depuis de longues années, nous a donné les meilleurs résultats ; il se recommande par sa simplicité et la rapidité de travail qu'il donne (fig. 6, pl. XIII).

Il se compose d'une pince *A* soutenant deux masses *B C* formées chacune d'une partie d'un cylindre en fonte (du diamètre intérieur des tubes moins un centimètre environ), coupé par un plan oblique à la base et se vissant par une douille sur le tube *E* muni extérieurement, sur une certaine hauteur, d'un filet. Un écrou *F* garni de deux bras d'une longueur convenable glisse le long du tube *E*. Une tige *G* de $0^{m}030$ environ de diamètre traverse le tube *E* et soutient la glissière *H* raccordée au coin *I* par un emmanchement fileté. Un second écrou maintient l'autre écrou *F* en place. Une chaîne de sûreté *K* relie les deux bouts inférieurs de la pince *A*.

Cet appareil est descendu sur le câble de manœuvre dans le tube à river. Quand les masses *C B* sont arrivées en face des rivets, on fait descendre l'écrou *F* de manière que les bras qui le garnissent touchent le bord du tube. Cela fait, on enfonce le coin *I* entre les masses *B C* en frappant dessus avec la tige *C* et la glissière *H* jusqu'au moment où les rivets sont bien cernés. On peut ensuite river les rivets aussi bien qu'il est permis de le désirer.

Ce rivoir très simple et très robuste est d'un emploi très facile ; la descente et le retrait, la mise en position sont très rapides et son application ne laisse rien à désirer. Il résiste aussi bien au coup de marteau que le mandrin plein employé par le chaudronnier.

Quelques rivets peuvent échapper à la pression du rivoir ; mais un changement de position suffit pour terminer l'opération lorsque ceux qui ont été pris les premiers ont été rivés.

Opérations de descente des tubes à vis.

On visse premièrement un court bout de tube de $0^{m}30$ environ de longueur, appelé tête de tube, dans le premier tube à descendre. Cette tête de tube est munie de deux trous diamétralement opposés ; un boulon passé dans ces trous tient le tube suspendu sur un étrier attaché au câble de manœuvre (fig. 1, pl. XIV). Ce premier tube étant descendu, on le repose sur le plancher en le cernant dans une bague en fonte ou en acier à l'aide de cales garnies de dents (fig. 2, pl. XIV). On présente un second tube à la douille du premier et on les visse ensemble. Ce second tube vissé, on passe au troisième et ainsi de suite.

Quand on doit traverser des terrains durs, il est bon de munir la base de la colonne d'une frette en acier (fig. 3, pl. XIV), qui la protège contre le choc des outils et permet de frapper légèrement avec la colonne pour couper les aspérités qui pourraient en gêner la descente.

Appareils à descendre les tubes (*Système Petit*).

Pour éviter la perte de temps considérable mis au vissage et dévissage des têtes de tubes, nous avons inventé, pour descendre ou retirer nos colonnes, un appareil spécial qui prend le tube extérieurement en dessous de la douille et le cerne automatiquement (fig. 4, pl. XIV).

Il se compose d'une bague *A* dont l'intérieur présente une surface conique et dans laquelle quatre cales *B C D E* (fig. 5), garnies de dents, viennent se coincer. Cette bague *A* repose sur un anneau *F*, muni de deux tourillons *a b*, qui sont passés dans un étrier *G* et serrés sur celui-ci à l'aide d'écrous. Dans la partie inférieure de la bague *A* sont découpées quatre rainures longitudinales *c d e f*, dans lesquelles glissent quatre dents *g h i j* d'un anneau *H* (fig. 6), et qui soutiennent les quatre cales *B C D E*. Cet anneau *H* est relié à une plaque *I* par quatre tringles *k l m n*, qui saisissent des tourillons venant de l'anneau *H* et de la plaque *I*. Un ressort en spirale *o* est placé entre les anneaux *F* et *H*, sur le pourtour de la bague *A*.

Un filet de vis est découpé sur le bout de la bague *A*, ce qui permet de visser un écrou *J*. Deux autres écrous *K L*, serrés à demeure fixe sur la bague *A*, limite la course de l'écrou *J*. Des ressorts en spirale *k l m n* (fig. 5), portés par des pitons sont intercalés entre les cales *B C D E* et ont pour but d'écarter celles-ci l'une de l'autre. Ceci exposé, passons au fonctionnement de cet appareil.

Quand on passe le tube dans l'appareil, les cales *B C D E* sont repoussées vers le haut, jusqu'au moment où, s'étant écartées assez fort, sous l'effort des ressorts *k l m n*, elles offrent une ouverture assez large pour livrer passage au tube. Le ressort antagoniste *O*, les repoussant vers le bas, les forcent constamment à se serrer sur le tube et à cerner celui-ci. Quand on soulève le tube, tout le poids de ce dernier tend à augmenter le serrage des cales, et par conséquent l'adhérence. Il ressort de là que plus le poids de la colonne est grand, plus l'appareil la cerne énergiquement. Quand la colonne est reposée, il suffit, pour décrocher l'instrument, de faire monter l'écrou *J*, après avoir préalablement détendu les cales *B C D E* en frappant avec un marteau sur un mentonnet *M*, venant de la bague *A*, de manière qu'en soulevant les cales *B C D E* on libère le tube.

Afin de réduire les frottements entre l'écrou *J* et l'anneau *H*, on y intercale un jeu de galets.

Nous avons inventé encore un autre appareil à descendre les colonnes de tubes de peu de poids (fig. 7, pl. XIV).

Il se compose d'un cône *A* suspendu sur un moraillon *B* par un boulon *C* et, supportant quatre cales *D E F G*, que deux ressorts en spirale sans fin *e e'* placés dans des gorges ménagées à même les cales pressent sur lui. Les cales *D E F G* sont munies intérieurement et extérieurement de rebords *a* et *b*, dont l'un, *a*, vient prendre sur le rebord *c* venu de la tige du cône *A*, l'autre, *b*, vient s'appuyer sur le bord du tube dans lequel l'instrument est coincé. Des pitons *d*, *d'*, *d''*, *d'''*, vissés

dans deux des cales, glissent dans des trous ménagés dans les deux autres et les rendent toutes quatre solidaires l'une de l'autre. On saisit immédiatement le jeu de cet appareil. Etant mis dans un tube, il s'y coince aussitôt que l'on tire sur le cône *A*, et d'autant plus que le poids du tube est grand, sous l'action des cales qui glissent sur le cône *A* sous leur propre poids. Pour le libérer, il suffit de frapper avec un marteau sur le bout *H* de la tige du cône *A*, ce qui amène un décalage des cales, et ensuite de laisser descendre le cône *A* jusqu'à ce que les rebords a a' a'' a''' des cales *D E F G* saisissent le rebord *c* de la tige du cône sous l'effort des ressorts e e'. En soulevant le cône *A*, les cales restent suspendues sur le rebord *c* et abandonnent le tube.

Ces appareils vraiment pratiques rendent les plus grands services pour la descente ou la remonte rapide des colonnes ; ils donnent une plus grande sécurité que les têtes de tube. Combien de fois n'est-il pas arrivé que, pendant la descente ou la remonte d'une colonne très pesante dans un sondage, la tête de tube ayant son filet trop usé ou étant trop légèrement vissée, ou encore vissée de travers, lâche la colonne et provoque un accident des plus graves par la chute sur le fond d'un poids considérable de tubes. Avec nos appareils, cet accident n'est pas à craindre, car plus le poids de la colonne est grand, plus les cales se serrent et sont difficiles à décaler

Tubage des couches supérieures, sables, graviers, etc.

Pour traverser les couches superficielles sans consistance, souvent déliquescentes, on est obligé de faire filer les colonnes de tubes au fur et à mesure de l'approfondissement du sondage. Mais ces colonnes, par leur faible longueur étant de peu de poids, ne descendent pas d'elles-mêmes dans les terrains et l'on est obligé de les enfoncer de force en frappant sur leur tête. On se sert pour cela, lorsqu'elles ne sont pas trop longues encore, d'un mouton en fonte ou bien d'une simple maîtresse-tige que l'on élève de un mètre environ de hauteur et qu'on laisse retomber sur un tampon en bois ferré qui entre dans le tuyau de 0^m40 a 0^m50 (fig. 1, pl. XV).

Ce travail est délicat et demande beaucoup de prudence, car les colonnes étant ordinairement de faible épaisseur, sous des chocs trop violents se détériorent, les rivets sautent de leur alvéole et les bouts des tubes entrent l'un dans l'autre. L'expérience indique quelle est la force du choc à donner. Un sondeur inexpérimenté devra donc y aller avec la plus grande prudence.

Pour aider au passage des colonnes en tôles, il est bon d'employer le trépan excentrique qui fait un trou plus grand que le diamètre extérieur des tubes. On peut, à l'aide du trépan excentrique et du mouton, souvent faire filer les colonnes en tôle très mince sur une très grande hauteur au travers de sables, de marnes, d'argile, etc. Quelquefois, il n'est même pas besoin de frapper au mouton ; en balançant de temps en temps la colonne pour qu'elle ne soit pas cernée par les terrains, cela suffit pour la faire filer souvent sur une grande hauteur surtout quand elle gagne une certaine longueur et un certain poids.

Enfoncement des colonnes de tubes par pression.

L'effet d'un mouton pour l'enfoncement des tubes ne présente d'avantage que sur les colonnes de petites longueurs dont la rigidité peut être plus ou moins complète; mais si son choc doit se transmettre à une grande profondeur, cet avantage disparait, les colonnes deviennent élastiques par suite de leur grande longueur, et le coup frappé ne transmet pas son action aux parties inférieures soumises seules à des pressions latérales; l'ébranlement causé par le mouton dans toute la partie supérieure de la colonne produit des avaries désastreuses, surtout aux jonctions.

On évite cet inconvénient en employant un système de vis, de presses hydrauliques, de palans et de leviers d'abatage.

Dispositif par vis (fig. 2, pl. XV). — On enfonce premièrement dans le terrain, en les espaçant convenablement, des tarières très solides à 1m50 ou 2 mètres de profondeur, en les laissant dépasser au-dessus du sol de 0m50 environ. Cela fait, on coiffe ces tarières de deux pièces de bois que maintiennent des écrous se vissant sur la partie filetée du bout de chaque tarière. Au milieu de chacune de ces pièces de bois, c'est-à-dire vis-à-vis de la colonne de tubes à enfoncer, est percé un trou dans lequel vient se loger chacune des vis de pression. Une clavette ou un écrou en dessous et un écrou au-dessus de chaque pièce de bois serrent celle-ci fortement. A une certaine hauteur est serrée sur la colonne une griffe à cales, sur laquelle s'appuie une paire de presses en bois embrassant les vis de pression, ainsi que la colonne de tubes. Deux écrous vissés sur les vis au-dessus de ces presses permettent d'opérer la pression voulue sur la colonne.

Au lieu d'enfoncer des tarières dans le sol pour maintenir le dispositif de pressage, on peut encore encastrer dans l'avant-puits, à une profondeur convenable, des pièces de bois que l'on relie par de forts boulons aux pièces de soutien des vis de pression. (Voir fig. 3, pl. XV.)

Dispositif par palans (fig. 4, pl. XV). — Le fondement de ce dispositif est le même que pour les vis de pression. On remplace les vis par deux poulies *a a'*, boulonnées chacune sur chaque pièce de bois *b b'*. Une tête de tubes à anses *c* est posée sur la colonne. Une corde, partant d'une de ces anses, passe sur une des poulies fixes *b*, ensuite dans le moraillon *d* d'un palan suspendu sur la chèvre, de là sur la seconde poulie fixe *b'* pour aller rejoindre la seconde anse de la tête de tubes. En tirant sur le palan, l'effort de celui-ci se reporte sur la colonne par l'intermédiaire de la corde et des poulies fixes et provoque son enfoncement.

Ce dispositif par palans a l'avantage sur celui à vis de permettre un enfoncement plus rapide, surtout quand la colonne n'est pas trop cernée par le terrain.

Dispositif par presses hydrauliques. — La figure 1, pl. XVI est assez explicative pour ne pas nécessiter une description. On voit que des vérins hydrauliques de grande puissance remplacent les vis de pression. Le fondement du dispositif est le même que pour les procédés décrits plus haut.

Ce dispositif donne une très grande puissance de pression à une vitesse relativement grande. Il s'emploie quand on doit opérer des pressions excessivement énergiques

sur des colonnes fortement engagées dans le terrain et capables de résister à des pressions considérables.

Dispositif par leviers d'abatage (fig. 2, pl. XVI). — Ici des leviers remplacent les engins décrits précédemment. Ce dispositif est très simple et s'établit facilement. Les bouts des leviers d'abatage *a a'* prennent en dessous d'un rebord laissé sur le bout des tarières *b b'* et s'appuient sur un collier *c* serré sur la colonne. Des poids plus ou moins grands sont posés sur le bout des leviers pour opérer la pression voulue sur la colonne de tubes.

Dispositif par pression directe (fig. 3, pl. XVI). — Pour les forages à petite profondeur, on enfonce facilement des colonnes au travers des terrains meubles en les chargeant d'un poids plus ou moins considérable de masses de fer ou d'autres matières pesantes.

Dispositif par une seule vis (fig. 4, pl. XVI). — Le plateau *a* qui soutient l'écrou *b* est fortement boulonné sur le fondement disposé comme précédemment décrit. L'écrou *b* porte un tourillon qui traverse le plateau *a* et est rendu solidaire de celui-ci par des écrous *c d*. Un train de galets est disposé entre les écrous *c d* et le plateau *a*, de manière à réduire le frottement au minimum. Un bouchon *e* vissé dans l'ouverture du tube-vis *f*, enveloppant la colonne, s'appuie sur celle-ci. L'écrou-engrenage *b* reçoit un mouvement de rotation de la vis sans fin *g* qui tourne dans des paliers et est actionnée par le levier *j* qui engrène dans une roue à rochet calée sur le bout de la vis sans fin *g*.

Par la rotation de l'écrou-engrenage *b*, on provoque l'enfoncement de la colonne de tubes.

Afin d'empêcher que le tube-vis *f* ne tourne avec l'écrou *b*, une console *l* est fixée en dessous du plateau *a* et porte une cale qui glisse dans la rainure *m* du tube-vis *f*.

Enfoncement des colonnes par rotation.

Pour la traversée rapide des sables, nous imprimons aux colonnes de tubes un mouvement plus ou moins rapide de rotation et les forçons à suivre constamment le trépan excentrique d'aussi près que possible.

Nous employons dans ce but l'appareil (fig. 1, pl. XVII) système Petit. La roue d'engrenage *a* glisse à mouvement libre sur le tube-vis *b* et entraîne celle-ci dans son mouvement rotatif à l'aide d'une cale glissant dans la rainure *c*. Un écrou *d* muni d'une jante de frein soutient le tube-vis *b* et repose par un jeu de galets sur la roue dentée *a*. La roue dentée *a* tourne sur un train de galets, cheminant sur le plateau *e*, et reçoit un mouvement circulaire du pignon *f* commandé par la courroie d'un moteur quelconque. Sur la jante de la roue dentée *a* est placée une bande de frein *g* qui reçoit un mouvement de serrage et de desserrage d'un levier *h* ayant son point d'appui sur une console *i* venant du plateau *e*.

La colonne de tubes à enfoncer repose sur le tube-vis *b* par une griffe à cales *j* vissée par un filet gauche dans le tube-vis *b* même. Les cales sont taillées en queue d'aronde qui vient prendre dans des rainures découpées dans la bague *j*; elles sont, de plus, garnies intérieurement de dents croisées à la façon d'une lime et non plus horizontales comme dans l'appareil commun de descente des tubes : cela pour entraîner la colonne dans le mouvement circulaire du tube-vis *b* et qu'il n'y ait pas glissement de l'une dans l'autre.

On comprend facilement le jeu de cet appareil. La roue dentée *a*, recevant un mouvement de rotation du pignon *f*, qui le transmet d'un moteur quelconque, reporte ce mouvement à la colonne de tubes qu'elle soutient. Pour faire filer la colonne au fur et à mesure de l'enfoncement, il suffit de freiner sur la jante de l'écrou *d* à l'aide du levier *h* : l'écrou *d* se dévisse et laisse descendre la colonne.

On peut encore employer le dispositif américain (fig. 2, pl. XVII). Il se compose d'un plateau *A* supportant une roue dentée *B*; un second plateau en deux pièces *C D* s'appuie sur la roue dentée *B* et est muni d'une ouverture centrale convenable pour le passage de la colonne de tubes; ce plateau est muni de quatre galets *a b c d*, rayés circulairement, que l'on rapproche ou éloigne à volonté par le jeu de deux boulons *e f*. La roue dentée *B* engrène avec un pignon qui reçoit son mouvement par courroie, d'un moteur quelconque. La colonne de tubes reste suspendue sur un palan par l'intermédiaire d'un anneau-tournant à galets. L'injection d'eau se fait par l'intérieur de la sonde creuse pour ressortir par la colonne de tubes; on peut aussi la faire en sens contraire.

Enfoncement des colonnes par balancement.

Les terrains pétrolifères, composés ordinairement d'une alternance de schistes et de grès sous de plus ou moins grandes épaisseurs, s'éboulent toujours et cernent fortement les tubages. On est donc obligé d'employer constamment le trépan excentrique et de faire filer les colonnes de tubes au fur et à mesure de l'enfoncement, de manière à n'avoir toujours que quelques mètres à découvert en dessous des tubes. Il arrive souvent que l'on est obligé d'appliquer les palans sur la colonne dans laquelle on fore et de la balancer sur une hauteur de quatre à cinq mètres, parfois plus même, pour empêcher qu'elle ne soit trop cernée par les terrains serrants. Quand la colonne est engagée sur une grande hauteur dans les couches ébouleuses, on est obligé de balancer les tubes toutes les heures, parfois toutes les demi-heures; et même, après un temps si court, il faut donner un énergique coup de palans pour desceller les tubes qui, déjà, étaient engagés. Quand la profondeur du sondage devient grande, le poids des colonnes devient si élevé, surtout si l'on emploie des tubes de forte épaisseur, que celles-ci surmontent les résistances rencontrées et passent au travers de tout. En balançant les tubes à des intervalles rapprochés, on parvient à les faire filer au travers de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur de couches qui, si on y laissait en repos, pendant quelques heures, une colonne de tubes, la cerneraient tellement fort qu'on ne pourrait plus la faire bouger, malgré tous les efforts de traction que l'on pourrait faire.

Afin de pouvoir balancer les tubes sans devoir, pour cela, remonter à chaque fois la sonde, on laisse la tête de tube vissée sur la colonne et on visse sur la sonde une tringle (fig. 1, pl. XVIII) munie de deux trous, dans l'un desquels on passe un boulon qui saisit la tête de tube et dont l'autre sert à saisir la tringle à l'aide d'un moraillon : on balance les tubes avec la sonde suspendue à la tringle.

Le balançage des tubes demande beaucoup de temps, car il faut, à chaque fois, attacher et détacher les palans du tambour de manœuvre et remettre le câble ordinaire en place. Un bon moyen d'éviter cette perte de temps serait d'avoir un dispositif spécial de manœuvre placé de l'autre côté de la chèvre, sur le même axe que le

treuil de battage et commandé à l'aide d'un câble ou d'une courroie, par ce dernier même; le palan y resterait constamment attaché et l'on n'aurait qu'à fixer celui-ci à la colonne pour pouvoir la balancer sans plus de préparatifs.

Nous avons imaginé un dispositif qui permet de balancer une colonne de tubes sans interruption, tout en continuant l'enfoncement.

Il se compose (fig. 3, pl. XVII) d'un tube *A* de section carrée garni de dents d'engrenages et qui engrène avec les pignons *B C*, commandés par les roues dentées *D E F G* qui reçoivent leur mouvement de la poulie à courroie *H* par l'intermédiaire des roues dentées *I J*. Sur le bout de l'axe de la roue *I* est calée une poulie *M*, sur laquelle on peut freiner à l'aide de la bande *K* et du levier *L*. La poulie *H* est commandée par un moteur spécial muni d'un embrayage à levier. L'ouvrier qui commande le dispositif de balançage a les leviers du frein et de l'embrayage sous la main, et peut provoquer un relèvement de la colonne des tubes par simple embrayage et la descente de celle-ci en débrayant et en freinant sur la roue *M*.

Tubages en colonnes perdues.

Au lieu de descendre des colonnes qui recouvrent le sondage du haut en bas, on ne descend souvent que des tronçons de colonnes qui s'emboîtent à la façon d'un télescope, et recouvrent seulement les terrains à découvert entre le pied de la colonne précédente et le fond du sondage; on laisse seulement un emboitement de colonnes de 4 ou 5 mètres de hauteur.

Cette méthode de tubage présente l'avantage d'économiser une grande quantité de tubes qui ne seraient pas nécessaires dans le sondage.

Admettons que nous ayons un sondage de 150 mètres de profondeur, et que celui-ci soit tubé jusque 125 mètres, et que les derniers 25 mètres, étant très ébouleux, nécessitent un tubage. Au lieu de descendre une colonne entière de 150 mètres de longueur, nous ne descendrons qu'un tronçon de 30 mètres. Nous économiserons donc 120 mètres de tubes, ce qui, répété plusieurs fois pour des tubages fréquents, réduit les frais de sondage de moitié quelquefois.

Instruments à descendre les colonnes perdues. — On descend les colonnes perdues dans le trou de sonde à l'aide de l'instrument (fig. 7, pl. XIII). Il se compose d'une traverse *a* supportant deux bras *c b* aux bouts façonnés en crochet. Une tige filetée *d*, maintenue à demeure par un écrou *j*, commande un écrou *g*. Le mouvement de va-et-vient de l'écrou *g* est transmis aux bras *c b* par l'intermédiaire des tringles *e f e' f'*, qui les relient et qui provoquent un mouvement d'ouverture et de fermeture.

La colonne de tubes à descendre porte, à une certaine distance de la tête, deux ouvertures diamétralement opposées de $0^{m}10$ de hauteur sur $0^{m}05$ de largeur. On introduit l'instrument dans la colonne et on fait pénétrer les dents des bras *c b*, en provoquant le mouvement d'ouverture de ceux-ci, dans les entailles du tube. En soulevant l'instrument, la colonne y reste suspendue; quand celle-ci est descendue à fond, on décroche l'instrument en faisant tourner la vis *d* dans le sens convenable, et on le remonte au jour.

On emploie encore un instrument très simple pour descendre les colonnes perdues (fig. 8, pl. XIII).

Il se compose de deux lames de fer *a b*, soudées ensemble aux deux bouts et réunies

à un emmanchement de tige; deux dents *c d* sont ménagées vers le milieu des lames auxquelles on donne une forme de poire d'un diamètre, sur les dents, légèrement supérieur au diamètre extérieur de la colonne de tubes à descendre. On introduit cet instrument par force dans la colonne et on saisit celle-ci en faisant pénétrer les dents *c d* dans des ouvertures pratiquées à même la colonne. Ayant descendu les tubes à fond, il suffit de chasser un peu l'instrument en le faisant tourner d'un quart de tour pour le libérer facilement de la colonne et le remonter ensuite au jour.

Inconvénients des colonnes perdues.

1° Les colonnes perdues peuvent facilement être remontées par les outils. Etant ordinairement légères, le chef-ouvrier ne sent pas, en les enlevant, une augmentation de poids et il ne s'en aperçoit que quand elles arrivent au jour ;

2° Il arrive très souvent que, malgré toutes prévisions, la colonne perdue suit le trépan au fur et à mesure de l'enfoncement et qu'une partie des terrains reste à découvert entre la tête de cette colonne et le pied de la colonne précédente. Nous avons vu des sondages où, par suite de cet espace laissé à découvert et qui s'était complètement éboulé, les outils ne parvenaient plus à pénétrer dans la colonne perdue. On fut obligé de forer un nouveau trou à côté de la colonne dont la tête avait été repoussée d'un côté dans les parois par la pression des terrains. Il est évident que de tels accidents sont désastreux et peuvent amener la perte du sondage;

3° Le retrait d'une colonne perdue est souvent difficile, car l'espace entre deux colonnes étant très petit, il se produit une grande résistance. L'outil que l'on a descendu déchire les tôles et détruit complètement la colonne ;

4° S'il se produit, pour une cause quelconque, une chute de la sonde pendant les manœuvres, celle-ci déchire la colonne qu'elle rencontre, souvent sur une très grande hauteur ;

5° La tête des colonnes perdues se détériore facilement, car, à chaque descente de la sonde, le trépan ne veut pas toujours pénétrer immédiatement dans l'intérieur des colonnes, surtout de l'inférieure ; il faut tâtonner et, sous le poids souvent considérable de la maîtresse-tige, le trépan découpe la tôle et la fait se rebrousser sur elle-même ;

6° Il arrive souvent qu'une colonne, étant trop légère pour vaincre les résistances latérales qu'elle rencontre dans la colonne précédente, ou même dans le terrain, reste suspendue à une certaine hauteur au-dessus du fond.

Moyens de remédier aux inconvénients des colonnes perdues.

1° Pour éviter que les colonnes ne remontent suspendues sur les outils de forage, on abat complètement toutes les parties aiguës de ceux-ci qui pourraient accrocher en remontant ; toutes les extrémités supérieures des outils doivent être arrondies autant que possible ;

2° En laissant un emboitement suffisant aux colonnes (4 à 5 mètres) on peut

espérer ne pas avoir d'espace libre entre le pied et la tête des colonnes. Si les colonnes filent de plus de 4 à 5 mètres de hauteur, c'est que le trépan possède une excentricité trop grande. Il est bon de faire quelques premiers mètres dans une colonne perdue avec un trépan n'ayant aucune excentricité et de vérifier si elle ne descend pas plus que ne le permet l'emboîtage ; en ce cas on doit chercher à la remonter au sol pour l'allonger ;

3° Si on veut remonter une colonne perdue, en tôle mince surtout, il faut la saisir à différentes hauteurs et sur une surface aussi grande que possible. Nous examinerons plus loin les outils employés dans ce but ;

4° Afin que le trépan ne puisse accrocher aux têtes des colonnes, on coiffe celles-ci d'un entonnoir de 1m50 environ de hauteur et d'une ouverture aussi grande que possible. Le diamètre, à la tête de la colonne, doit être tel que celle-ci ne pénètre dans la colonne précédente que sous son poids et à frottement dur ;

5° En donnant une inclinaison de 45° aux pointes du trépan (voir fig. 9, pl. XIII), celui-ci pénètre d'autant plus facilement dans les colonnes perdues, que la surface inclinée des pointes est plus large. En coiffant les colonnes perdues d'un entonnoir et en abattant les pointes du trépan, celui-ci n'accroche jamais aux têtes des colonnes et l'on ne soupçonne même pas, pendant la descente, à quelles hauteurs elles se trouvent. La sonde peut tomber en chute libre dans le trou, elle ira directement à fond, sans occasionner aucune avarie aux colonnes ;

6° En cas où une colonne perdue est trop légère pour qu'elle puisse aller directement à fond sous son propre poids, on emploie le dispositif que montre la figure 2, pl. XVIII.

C'est une simple tige *a*, portant une plaque *b* d'un diamètre légèrement supérieur au diamètre de la colonne à descendre et maintenue sur la tige par un écrou, et que l'on visse directement sur l'instrument de descente de la colonne. L'instrument est accroché à la profondeur convenable dans les tubes de façon que la plaque *b* s'appuie sur la tête de la colonne. On charge l'instrument d'une maîtresse-tige ou même de tiges, dites de sauvetage, très pesantes, dont le poids force la colonne à vaincre toutes les résistances. Si l'on ne possède pas de tiges pesantes, ou bien si la colonne ne veut pas descendre par pression, on peut encore avoir recours au choc. Dans ce but, on se munit, en toutes prévisions, d'une série de plaques épaisses, qui correspondent à chaque diamètre de colonnes perdues, et que l'on intercale dans un solide raccord de sonde (fig. 3, pl. XVIII). Ce raccord est vissé sous la maîtresse-tige avec laquelle on frappe sur la tête de la colonne, en la soulevant d'une hauteur plus ou moins grande, et en la laissant retomber plus ou moins vite suivant l'épaisseur des tubes. Ce travail d'enfoncement, par choc, des colonnes perdues doit se faire avec une grande prudence, car les tubes, sous le choc, peuvent céder aux raccordements et s'enfoncer l'un dans l'autre. Il sera donc bon, pendant tout le temps de travail d'enfoncement, de tenir la main sur la sonde pour juger de la valeur du choc, et quand on perçoit que ce choc est trop dur, que la colonne ne veut plus descendre, et que l'on risque de la détériorer, on arrête ce travail. Il est toujours préférable de laisser une colonne perdue suspendue à une certaine hauteur du fond plutôt que d'en produire un tassement sur elle-même, si l'on persévérait à vouloir la faire descendre malgré la résistance qu'elle présente.

Après avoir enfoncé une colonne perdue par choc, l'extrémité supérieure en est toujours plus ou moins rebroussée à l'intérieur. Les outils ne peuvent donc plus y pénétrer et l'on est obligé de remettre la tôle du tube en place. Pour cela, on emploie

l'instrument (fig. 4, pl. XVIII), appelé chasse-pierre. On le construit à deux ou à quatre branches suivant le diamètre de la colonne de tubes.

Voici le moyen que l'on doit employer pour remettre la tête d'une colonne en place.

On cherche premièrement l'endroit où le chasse-pierre, sous le choc de la maitresse-tige qui le surmonte, rencontre le moins de résistance; à cet endroit, on frappe aussi longtemps que le chasse-pierre ne passe au delà du rebroussement de la tôle, c'est-à-dire dans la partie où le tube possède son diamètre complet; on fait tourner le chasse-pierre d'une certaine quantité et, en remontant, on redresse la tôle rebroussée. On fait à chaque fois repasser, en descendant, le chasse-pierre au même endroit, tandis que, pour remonter, on le dirige de façon qu'il accroche aux parties rebroussées de la colonne. En faisant cette manœuvre un plus ou moins grand nombre de fois, on remet parfaitement la tête de la colonne au diamètre voulu. Pour finir, on maintient le chasse-pierre à hauteur de la partie rebroussée et redressée de la colonne, et l'on imprime un mouvement de torsion à la sonde, ce que l'on obtient d'autant plus facilement qu'il reste toujours des morceaux de tôle qui font ressort vers l'intérieur, et auxquels le chasse-pierre vient buter, et quand la torsion des tiges est suffisante, on relève légèrement la sonde jusqu'au moment où le chasse-pierre, abandonnant l'objet qui le retient, vire violemment sous l'effet de torsion et coupe ou arrache par choc toutes les aspérités qui garnissent encore la tête de la colonne. On renouvelle cette manœuvre autant de fois qu'il le faut pour bien égaliser la tête de la colonne.

On peut encore employer, pour égaliser les têtes des colonnes perdues de forte épaisseur, la lime (fig. 5, pl. XVIII), mais cet instrument est de construction très coûteuse et ne donne pas de meilleur résultat que le chasse-pierre employé comme je l'ai dit plus haut.

Quand on veut balancer une colonne perdue de forte épaisseur, surtout en fer ou acier étiré, on peut visser le bouchon à vis (fig. 6, pl. XVIII) dans la colonne même. Cependant, on aura soin de ne pas le visser trop fortement pour que le tube ne se fende ou que l'on ne puisse, ensuite, plus le dévisser.

Avant de descendre une colonne perdue, il est indispensable d'en armer l'extrémité inférieure d'un bloc de bois ou même de fonte, si la colonne est en fer ou en acier étiré (voir fig. 7 et 8, pl. XVIII), ou si la colonne est en tôle mince, d'entailler la tôle et de la rebrousser vers l'intérieur comme le montre la figure 9, pl. XVIII.

Cela pour éviter que, pendant la descente, elle n'accroche, soit à la tête des colonnes perdues précédentes, soit dans l'intérieur de celles-ci et qu'elle ne les endommage.

Instruments élargisseurs.

Nous avons vu plus haut que, pour le passage des terrains difficiles, on est obligé de faire filer les colonnes de tubes au fur et à mesure de l'enfoncement, en les maintenant aussi près que possible du fond. Nous avons vu aussi que, pour créer un passage aux colonnes, on employait un trépan excentrique qui fait un trou plus grand que le diamètre extérieur des tubes.

Il se présente des cas où l'emploi du trépan excentrique pour faire un trou, dans lequel une colonne pourra descendre, n'est pas possible. Un exemple : arrivé, dans un sondage, à une certaine profondeur, on juge bon de laisser la colonne de tubes poser sur le fond et de forer, ensuite, avec un trépan ordinaire. Plus tard, on rencontre des terrains qui nécessitent un tubage immédiat. Pour ne pas perdre trop vite le diamètre, on se voit forcé de relever la colonne d'une certaine hauteur et d'élargir le trou de sonde. Pour ce travail, le trépan excentrique ne pourrait être d'aucune utilité, car, ballottant dans un trou plus grand et ne rencontrant rien qui puîsse le maintenir, il glisse sur la paroi à excaver sans faire aucun effet. On doit donc recourir à d'autres moyens.

On peut remplir le trou de sonde, depuis le fond jusqu'à l'embase sur laquelle reposait la colonne, avec des pierrailles ou avec un bétonnage pour, ensuite, broyer ce massif artificiel avec le trépan excentrique. Ce dernier trouvant un guidonnage dans ce massif même, élargit le trou de sonde au diamètre voulu. Cette méthode est très efficace, surtout quand le diamètre du sondage est assez grand pour qu'on y puisse jeter des pierres assez volumineuses; l'élargissage se fait aussi rapidement que ne l'a été le forage des terrains à élargir; elle est, en tous cas, préférable à la méthode d'élargissage avec des excavateurs à ailettes, qui sont faciles à se détériorer et dont les lames s'usent rapidement.

Quand la nature des terrains le permet, on peut retirer la colonne de tubes et élargir le trou de sonde à l'aide d'un trépan à cornières, et cela aussi longtemps que l'on n'a pas de trop grands éboulements à vaincre. Quand, par suite de ces éboulements, le travail d'élargissage devient dangereux, on redescend la colonne et l'on continue à élargir à l'intérieur de celle-ci. La section circulaire du trou à élargir étant très étroite ordinairement, celle-ci cède facilement sous le choc du trépan qui pénètre trop loin dans le nouveau trou qu'il fait et s'y coince souvent énergiquement. Il est donc mieux de travailler avec des cornières refoulées; l'avancement est aussi rapide et l'on évite les coinçages.

Les instruments élargisseurs à ailettes mobiles s'emploient spécialement quand le trépan excentrique travaille dans des terrains disloqués, se resserrant sur eux-mêmes, et obstruant constamment le trou de sonde; après le passage du trépan, on doit égaliser les parois avec un élargisseur à ailettes pour permettre à la colonne de tubes de descendre; souvent on doit excaver à plusieurs reprises au même endroit avant que la colonne puisse filer librement.

Il existe un grand nombre d'outils élargisseurs; peu ont donné de bons résultats; nous ne décrirons donc que ceux sanctionnés par la pratique.

Elargisseur mû par percussion de Fauck. — Cet instrument (fig. 10, pl. XVIII) se compose d'un bloc de fer *a* dans lequel une ouverture *b* est découpée longitudinalement. Dans cette ouverture oscillent deux lames *c d* sur deux boulons *e f*, et qui sont munies d'un arrêt sur lequel vient buter une tige *g* qu'un ressort antagoniste en spirale *k* repousse vers le bas. Les lames, sous l'action de ce ressort, tendent constamment à s'ouvrir. On descend l'élargisseur avec les lames fermées et, aussitôt qu'il arrive au pied de la colonne, les lames s'ouvrent et mordent dans le terrain.

Cet instrument très simple fonctionne admirablement bien et donne de très bons résultats; il présente l'inconvénient grave d'exiger le remplacement fréquent des lames qui, très minces à la partie travaillante, s'usent rapidement. Dans les terrains durs,

très usants, un travail de 15 à 20 minutes suffit pour obliger à un remplacement des lames. Cependant, malgré cet inconvénient, général d'ailleurs à tous les élargisseurs, cet instrument est encore le meilleur de tous ceux que l'on a essayés jusque maintenant, celui dont le fonctionnement ne rate jamais.

L'emploi des élargisseurs à ailettes demande un soin tout particulier pour en obtenir le meilleur rendement possible. Avant de les descendre, il faut bien vérifier si tous les organes qui les composent sont en bon état, bien les nettoyer et les graisser, et si l'un d'entre eux, par l'usage, s'est trop affaibli et ne présente plus la sécurité voulue, il ne faut pas tarder à le remplacer pour éviter, soit que les lames ne se détachent de leur boulon d'attache et ne tombent dans le fond du trou, soit qu'elles ne veuillent plus se refermer à leur arrivée au pied de la colonne quand on veut retirer l'instrument.

La force de battage doit être proportionnée à la résistance des lames et des boulons qui les portent pour éviter les ruptures qui ne manqueraient pas de se produire si l'on frappait trop violemment sur une roche trop dure.

Un point capital à observer dans l'entretien de l'élargisseur de Fauck est que les lames aient aussi peu de jeu que possible sur leurs boulons d'attache et ceux-ci dans leurs alvéoles. Si ce jeu est très grand, sous le choc sur la roche, les lames s'ouvrent à un diamètre disproportionné et l'avancement est presque nul; ensuite, les lames, n'ayant aucune rigidité, jouent latéralement dans le corps de l'instrument, possèdent une fois un diamètre plus grand, une autre fois un diamètre plus petit; il s'ensuit donc que l'instrument reste suspendu à des hauteurs différentes à chaque coup de sonde, et l'on n'obtient aucun travail utile. Il faut aussi, autant que possible, que la pointe travaillante des lames soit sur un même plan avec les boulons d'attache. Si les pointes des lames se trouvaient trop en contre-bas des boulons d'attache, les lames, sous le choc sur la roche, se refermeraient sur elles-mêmes et ne feraient que gratter les parois.

Les lames d'élargisseurs doivent provenir d'acier très dur, non cassant; on ne trempera que la pointe travaillante. On peut aiguiser les lames un plus ou moins grand nombre de fois sans cependant aller jusqu'à un affaiblissement trop grand de celles-ci.

Pour les grands diamètres, on façonne les lames comme un trépan à cornières; pour les petits diamètres, au contraire, on les affile comme un couteau.

Pour le forage à courant d'eau, Fauck emploie encore l'élargisseur (fig. 2, pl. XXXVIII). Il se compose du corps *a* dans lequel sont fixées à oscillation les lames *b c*. Une bague *d* glisse à frottement doux sur le tuyau *e* et est pressée sur les lames *b e* par le ressort en spirale *f*. Le tuyau *e* est cerné par ses bouts dans le corps *a* par des bagues *g h*. Par ce dispositif, l'eau gagne la base du trépan sans qu'il s'en perde par l'instrument élargisseur.

Elargisseurs mus par rotation. — Il se présente des cas où l'emploi d'élargisseurs travaillant par rotation peut donner d'excellents résultats. Ainsi, pour l'élargissage de terrains très tendres : craie, marne, argile plastique, etc., les élargisseurs suivants sont très bons :

Caracoles à charnière (fig. 11, pl. XVIII). — Se composent d'une tige *a* terminée par une lame *b* au diamètre des tubes en dessous desquels elle est destinée à travailler; une main *c* tourne librement sur un boulon *d* pris dans une charnière venant de la lame *b* même, suivant un arc déterminé. Ces instruments se descendent

fermés; arrivés au pied de la colonne, on imprime un violent mouvement de rotation à la sonde de manière à forcer la main *c* à s'ouvrir. En tournant, la main mord dans les parois et excave celles-ci.

Excavateur excentrique de Ribet (Fig. 12, pl. XVII). — Il se compose d'un cylindre en tôle *a* fermé aux deux bouts par des croisillons *b c*. Dans une des branches de ces croisillons passe la tige porte-lame qui peut tourner librement et décrire la portion de cercle limitée par l'arrêt *e* fixé sur le croisillon et l'arrêt *f* formé par le prolongement de la tôle du cylindre. Lorsque la lame s'ouvre, le dos du cylindre s'appuie sur la paroi du trou et fait agir la lame sur la paroi opposée. On agit, soit par rotation continue si la roche à excaver est tendre, soit par secousses successives en imprimant à la sonde un mouvement vertical de va-et-vient si la roche est plutôt dure.

Excavateur à ailettes (fig. 13, pl. XVIII). — Cet instrument se compose d'un cylindre de fer *a* portant deux ailettes *b c* tournant librement sur des boulons *d e* vissés dans le cylindre de fer même. On le descend avec les lames refermées sur elles-mêmes, arrivé au pied de la colonne, on force les lames à s'ouvrir en donnant une forte secousse de rotation à la sonde.

Excavateur en lames (fig. 14, pl. XVIII). — Travaille très bien dans les argiles tendres. Il se compose de deux lames d'acier soudées par un de leurs bouts à une tige de fer portant le raccord de sonde et façonnées sur un de leurs côtés en couteau. Sous le poids de la sonde, cet instrument pénètre de force dans la colonne; arrivées au pied de celle-ci, obéissant à leur effet de ressort, les lames s'ouvrent au diamètre voulu.

Fermeture des eaux.

Pour l'exploitation du pétrole, si l'on n'a soin de fermer les eaux extérieures avant d'arriver aux gisements, ceux-ci sont inondés par les eaux de surface qui repoussent le pétrole dans les parois et l'empêchent de se montrer au sol. Si les gaz, qui sont contenus dans les couches pétrolifères, ont une très grande pression, ils parviennent, pendant un certain temps, à rejeter l'eau du puits et entraînent le pétrole vers la surface; mais, aussitôt que cette pression diminue, les eaux reprennent le dessus et arrêtent la venue des gaz et du pétrole : c'est un puits perdu, et tout le travail de recherche a été fait en vain.

On comprend donc combien la fermeture des eaux est importante pour l'exploitation du pétrole; elle est souvent l'écueil contre lequel viennent buter les exploitants qui dépensent leurs forces et leurs capitaux au creusement d'un puits, et, celui-ci fini, n'en peuvent tirer aucun profit, la pression des gaz étant souvent trop faible pour vaincre la pression des eaux et forcer un passage au pétrole.

Il arrive même souvent que le trépan traverse des couches pétrolifères, qui pourraient donner de beaux résultats, sans qu'on s'en aperçoive même; si la couche est de peu d'épaisseur et si la profondeur est grande, par conséquent, la pression de la colonne d'eau considérable, on n'aperçoit même souvent pas les traces de pétrole, qui sont l'indice de la rencontre d'un gisement. En admettant même que la pression des gaz soit assez forte dans la couche pétrolifère, pour pousser une certaine quantité de pétrole au travers de toute la colonne d'eau, s'il n'y a pas fermeture hermétique des eaux supérieures, on ne peut juger de la richesse du gisement perforé et

l'on continue bien souvent l'enfoncement du puits à la recherche d'un pétrole qu'on a déjà dépassé.

Dans certaines formations, ne contenant pas d'eau en nappes puissantes, souvent la venue d'eau de la surface est assez peu importante pour qu'on puisse facilement en opérer l'épuisement avec une forte pompe. Cependant, ce pompage d'eau entraîne à des frais considérables et crée de grandes difficultés d'exploitation; le contact d'une eau glacée avec une couche de pétrole souvent parafineux provoque l'épaississement de celui-ci, les pores des grès pétrolifères s'encrassent de parafine et offrent une très grande résistance à la venue du pétrole.

L'eau qui se trouve mélangée au pétrole pompé, s'en sépare très difficilement à moins de chauffer le mélange par une circulation de vapeur; ce chauffage artificiel du pétrole entraine à des frais considérables qui réduisent de beaucoup les bénéfices d'exploitation. Ces frais sont quelquefois si élevés que, malgré une production de pétrole importante, les frais d'exploitation ne sont pas couverts.

Nous voyons de combien d'inconvénients l'exploitation du pétrole sans séparer les couches pétrolifères des couches aquifères, est accompagnée. L'exploitant doit donc apporter une attention tout à fait particulière à la bonne fermeture des eaux dans son puits.

Au temps de la découverte du pétrole, personne ne songeait à fermer les eaux et ne connaissait pas l'influence qu'avaient celles-ci sur le rendement des gisements pétrolifères. Ce sont les Canadiens qui, les premiers, introduisirent le nouveau procédé qui s'est actuellement généralisé dans toutes les parties du monde, où l'on exploite le pétrole; ce sont eux aussi qui ont généralisé l'emploi des tubes en fer étiré avec emmanchements à vis pour la fermeture des eaux. On a aussi employé des tubes en tôle de forte épaisseur rivés et matés; mais la rivure et le matage étant très difficiles à rendre hermétiques et à résister à des pressions de 40 à 50 atmosphères, on a complètement abandonné leur emploi pour se maintenir exclusivement à l'emploi des tubes en fer étiré.

Les gisements pétrolifères se poursuivant jusqu'à des profondeurs de 1000 et 1200 mètres, au travers de terrains souvent très difficiles à perforer, on se voit forcé de fermer les eaux à des profondeurs considérables. La pression extérieure des eaux croissant avec la profondeur, il faut donc que la résistance des tubes soit en correspondance directe avec cette profondeur. En dehors de la pression des eaux, il faut encore que les colonnes hermétiques résistent à la pression des terrains, qui est aussi souvent considérable; il est donc bon que l'épaisseur des colonnes soit assez forte pour présenter un coefficient de sécurité sérieux.

Il faut encore observer que, par le travail des outils à l'intérieur des colonnes, celles-ci subissent une usure plus ou moins grande, qui est une cause d'affaiblissement; si cette usure devenait trop grande, la colonne de tubes pourrait céder aux pressions extérieures et s'écraser complètement. Il est à conseiller de travailler aussi peu que possible dans l'intérieur des colonnes hermétiques et de les garantir par une seconde colonne aussitôt que possible.

Les accidents les plus sérieux en sondages sont les écrasements des colonnes; ils proviennent, soit du trop peu d'épaisseur des parois des tubes qui ne correspond pas à la pression que ceux-ci ont à supporter et à leur diamètre, soit que par usure ils ne soient tellement affaiblis qu'ils ne puissent résister à la pression réunie des terrains et des eaux.

Plus le diamètre des tubes est grand, plus leur épaisseur doit augmenter. Ainsi une colonne de 8″ et de 4 millimètres d'épaisseur supportera une colonne d'eau de 200 mètres de hauteur sans aucun danger, tandis qu'une colonne de 5″ et de même épaisseur pourra résister à la pression d'une colonne d'eau de 400 mètres de hauteur.

L'expérience a démontré que l'on pouvait fermer les eaux dans des terrains compacts, ne serrant pas, avec :

Une	colonne de	9″	et 4 1/2 millim.	d'épaisseur	de paroi	à	150	mètres	de profondeur.
"	"	8″	"	"	"	"	200	"	"
"	"	7″	"	"	"	"	250	"	"
"	"	6″	"	"	"	"	300	"	"
"	"	5″	"	"	"	"	400	"	"
"	"	4″	"	"	"	"	500	"	"
"	"	3″	"	"	"	"	700	"	"

tout en ayant un coefficient de sécurité suffisant.

Si l'on veut tuber avec ces colonnes à de plus grandes profondeurs, on doit ajouter des tubes de plus forte épaisseur à la partie inférieure sur toute la longueur, qui dépasse les profondeurs données plus haut. Si l'on traverse des terrains pressant, les tubes qui recouvrent ces terrains doivent tous être de très forte épaisseur : on donne ordinairement 8 millimètres d'épaisseur pour les dimensions de 4″ jusque 8″ ; au delà l'épaisseur augmente d'un millimètre pour chaque pouce d'augmentation de diamètre.

Les tubes en acier doivent être préférés aux tubes en fer ; ils sont plus durs et offrent une résistance de beaucoup plus grande aux pressions extérieures ; de plus, ils ne s'usent pas si vite par le frottement des outils et donnent un coefficient de sécurité plus grand.

Les moyens de fermer les eaux varient avec la formation des terrains dans laquelle on travaille. Les moyens qui réussissent très bien dans les terrains schisteux n'auront aucune chance de succès dans les grès, de même que les moyens qui conviennent pour les terrains horizontaux sont insuffisants pour les terrains fortement inclinés. L'exploitant doit donc choisir la méthode de fermeture qui convient le mieux aux terrains qu'il traverse.

Fermeture directe. — Dans les terrains schisteux, souvent plastiques, serrants, il suffit de descendre la colonne de tubes sur le fond, en ayant soin de rétrécir préalablement le diamètre du trou de sonde sur une hauteur de quelques mètres au diamètre juste extérieur des tubes. La colonne vient se cerner dans cette partie rétrécie. Les terrains se gonflant par leur imbibition cernent la colonne énergiquement et produisent un joint parfait. On délaie ensuite de la terre glaise et on en jette 15 à 20 seaux sous forme de boue derrière la colonne hermétique; cette boue se déposant sur la partie inférieure de la colonne, assure le joint hermétique.

Fermeture avec une perruque en chanvre. — Pour faire un joint hermétique dans les terrains durs, compacts, la pose de la colonne dans un avant-trou rétréci ne suffit plus ; on doit avoir bien souvent recours à d'autres moyens.

Dans les terrains réguliers, horizontaux, une simple perruque en chanvre, placée

sur la colonne près du pied de celle-ci, donne souvent de bons résultats. Voici la manière à employer pour faire une bonne perruque :

Vous prenez du chanvre bien long, vous le trempez dans du suif fondu, ensuite vous l'étendez sur le pourtour du tube (fig. 1, pl. XIX), en ayant soin de maintenir les bouts à une même hauteur, et cela sur une épaisseur assez grande pour que, la perruque finie, elle entre avec frottement dans la partie rétrécie du fond du trou de sonde ; vous prenez de la ficelle solide de 3 millimètres de diamètre et vous faites un serrage du chanvre sur le tube sur une hauteur de 5 à 6 centimètres ; cela fait, vous relevez les bouts pendants et les réunissez avec ceux du haut ; vous faites une seconde ligature immédiatement au-dessus de la première et vous laissez flotter librement les bouts du chanvre. En descendant la colonne, les bouts du chanvre se maintiennent relevés par la résistance de l'eau ; mais quand la colonne est reposée sur le fond, le chanvre s'affaisse sur lui-même. On jette ensuite derrière la colonne quelques seaux de gravier de faible diamètre, ensuite quelques seaux de sable fin et, pour finir, 10 à 20 seaux d'argile délayée (voir fig. 2, pl. XIX).

Dans les terrains compacts, il est rare que la fermeture de l'eau ne soit pas parfaite par ce moyen.

Quelquefois, malgré le soin mis à conduire ces différentes opérations à bonne fin, la fermeture des eaux ne réussit pas. Cela arrive surtout quand une partie des parois s'est éboulée et qu'une excavation s'est produite au pied du tube. Pour faire un joint hermétique, il faut donc premièrement boucher cette excavation ; on y parvient en jetant derrière la colonne, premièrement des galets de la grosseur d'un œuf de pigeon, ensuite du gravier gros comme un pois, du sable fin et, pour finir, de l'argile délayée. Quand il y a un intervalle assez grand entre la colonne et les parois du trou de sonde au lieu d'argile, on peut jeter du ciment très peu hydraulique. On doit, avant de continuer le travail dans l'intérieur de la colonne, laisser le temps aux matériaux qu'on a jetés derrière les tubes, d'atteindre le fond ; si l'on veut faire un joint au ciment, il faut encore attendre que celui-ci ait eu le temps de se durcir pour qu'il puisse résister à la pression des eaux. Avant de jeter le ciment ou l'argile, il n'est pas mauvais de jeter des morceaux plus ou moins gros de caoutchouc au-dessus des galets avant même de jeter le gravier ou le sable ; s'il reste encore une ouverture quelconque, ces morceaux de caoutchouc la boucheront entièrement et empêcheront le gravier et le sable de glisser entre les galets. On trouve facilement dans le commerce des débris de caoutchouc qu'on peut employer à la fermeture des eaux.

Au lieu de ciment ou d'argile, on peut encore jeter des cendres de bois ; les sels de potasse et de soude, que celles-ci contiennent, forment un lien entre toutes les particules de la cendre et, sous l'action de l'eau, la transforment en une masse solide qui résiste très bien à la pression des eaux.

Quelques sondeurs ont essayé de jeter de la limaille de fer derrière les tubes pour faire un joint hermétique ; mais, à ma connaissance, aucun des essais n'a réussi : au contraire, ils ont été la cause d'accidents. C'est toujours une mauvaise chose que d'avoir du fer inutile dans un trou de sonde, soit en morceaux volumineux, soit en limaille. Pour la fermeture des eaux, l'emploi de la limaille n'est pas recommandable, car si cette fermeture ne réussit pas, et si l'on parvient à retirer la colonne, cette limaille tombe à fond, et l'on peut s'imaginer quel travail est l'enlèvement d'une mitraille mélangée de débris de terrains de toutes espèces. Après avoir jeté cette

limaille derrière une colonne, il est presque impossible de retirer celle-ci, car le frottement de ce fer sur fer est tellement énergique qu'aucune force ne peut le surmonter; on ne peut donc plus, ni fermer les eaux, ni remonter la colonne; on voit à quel résultat cela entraîne.

On ne doit jeter derrière une colonne de tubes que des matières facilement broyables avec le trépan : des galets, du gravier, du sable, de l'argile, des cendres, du caoutchouc, du ciment, etc.

Avant de descendre une colonne, on peut encore tasser une certaine quantité d'argile sur une hauteur de un à deux mètres sur le fond; on munit le pied de la colonne d'un bloc de bois conique fortement cerné dans le tube. Sous le poids de la colonne, le bloc de bois force l'argile à se déplacer vers le haut entre la colonne et les parois et à boucher toutes les interstices. On broie ensuite le bloc de bois avec le trépan.

Fermeture avec une boîte à bourrage. — Dans les terrains fortement inclinés ou bien encore fortement fissurés, s'excavant facilement, on ne parvient à fermer les eaux qu'en faisant un joint hermétique sur une très grande hauteur. Pour remplir les excavations produites par éboulement, il faut employer un bourrage extensible cédant à la pression qu'opère sur lui tout le poids de la colonne de tubes.

L'appareil figure 3, planche XIX, donne les meilleurs résultats.

Il se compose d'un tube *A* d'un diamètre un peu plus faible que le diamètre du trou de sonde; une bague filetée *B* est vissée dans la femelle du tube. Un second tube *C* d'un diamètre convenable pour qu'il puisse glisser facilement dans la bague *B* est glissé dans le tube *A*. Une bague *D* glissant librement dans le tube *A* est vissée au bout du tube *C*. Un manchon à rebord *E* est vissé dans la femelle du tube *C* et repose sur le fond du trou de sonde. Dans l'intervalle qui sépare la bague *B* du manchon *E* est enroulé à l'entour du tube *C* du chanvre, de la corde, enduit de suif ou de terre glaise. L'enroulement du bourrage fini, on l'enduit extérieurement d'une couche d'argile plastique, sur laquelle on enroule une toile d'emballage pour l'empêcher de se délayer dans l'eau pendant la descente de l'appareil.

On peut encore employer pour faire le bourrage : la mousse, la pelure de la noix de coco, le cuir en lanières, de la sciure de bois mélangée de terre glaise, de la graine de lin ou de colza, etc.

On peut faire le joint hermétique à n'importe quelle hauteur du fond; il suffit de donner une plus ou moins grande longueur au tube *C*.

Cet appareil convient très bien aussi pour couper les eaux au-dessus d'une couche pétrolifère, que l'on a traversée avant qu'une fermeture des eaux supérieures ait pu être faite.

En un tel cas on opère de la façon suivante.

Admettons que nous rencontrions, à 300 mètres de profondeur, un gisement de pétrole, qui s'est manifesté trop tard pour qu'on puisse encore fermer les eaux sur le fond, sans fermer, en même temps, la couche pétrolifère, et que nous ayons continué à forer jusque 330 mètres. Admettons encore que la dernière colonne de tubes soit à 250 mètres, et que nous ayons un banc de terrains fermes à 260 mètres sous une épaisseur de 10 mètres.

Nous placerons donc en dessous du bourrage 60 mètres de tubes, percés de trous, de manière à avoir la bague *B* à 270 mètres de profondeur, c'est-à-dire juste à l'endroit où finit le banc de terrains résistants. Nous calculons la hauteur du bourrage

de manière que, étant pressé entièrement sous le poids de la colonne de tubes, il forme un joint sur une hauteur de 10 mètres au moins ; nous donnerons à l'appareil une longueur de 20 mètres.

Si notre trou de sonde a 7″ de diamètre au fond, le tube emboîtant *A* de l'appareil pourra être de 6″ de diamètre, tandis que le tube glissant aura 5″. Quant à la colonne qui surmonte l'appareil, elle pourra être, pour plus d'économie, soit de 5″, de 4″ et même de 3″.

Nous descendons notre appareil monté, comme décrit plus haut. Quand le pied touche le fond, nous abandonnons la colonne sous son poids pour opérer un tassage du bourrage. Pour augmenter ce serrage, nous frappons à petits coups, en relevant la colonne de quelques centimètres, avec la partie supérieure de l'appareil sur le bourrage. Cela fait, nous jetons un bon seau de débris de caoutchouc de 3 à 4 centimètres cubes de volume, puis quelques seaux de graviers, de sable, de l'argile délayée ou du ciment derrière la colonne. Nous attendons quelques jours pour que les matériaux jetés aient pu se tasser sur le bourrage. Quand nous jugeons que le joint est parfait, nous épuisons les eaux, et si le joint est bien hermétique, ce qui arrive toujours quand les dimensions de l'appareil ont été bien calculées, le pétrole se montre immédiatement.

Dans les terrains s'excavant facilement, on place l'appareil toujours à l'endroit que l'on juge resté intact, et l'on donne au bourrage une très grande hauteur, de manière que, par son tassement, il bouche immédiatement tous les interstices.

Fermeture avec une bague en caoutchouc. — Dans les terrains très durs, ne s'excavant pas, et dans lesquels le trou de sonde conserve des parois très lisses, on peut encore couper les eaux à n'importe quelle hauteur avec l'appareil (fig. 4, pl. XIX).

Il se compose d'un manchon conique *A* se vissant sur la colonne de tubes ; le bout de ce cône est intérieurement garni d'un filet sur une hauteur de 4 à 5 centimètres. Au-dessus de ce filet, le manchon est excavé convenablement. Une bague *B*, munie d'un tenon *C* au bout fileté extérieurement, se raccorde au manchon *A* par le filet qui garnit leur bout. Ce filet dessortant entièrement des surfaces qu'il continue, on comprend qu'après avoir vissé entièrement la partie filetée du tenon *C* au delà du filet du manchon *A*, le tenon *C* glisse librement dans la partie excavée du manchon *A*. Une bague en caoutchouc, d'une hauteur et d'un diamètre convenables, est intercalée entre le manchon *A* et la bague *B*. On peut visser en dessous de l'appareil une longueur de tubes plus ou moins grande, de manière à avoir le joint à la hauteur désirée.

On descend l'appareil, le tenon *C* vissé dans la partie filetée du manchon *A*. Quand le pied de l'appareil touche le fond du trou de sonde, on imprime un mouvement de rotation dans le sens convenable à la colonne, de manière à libérer le manchon *A* du tenon *C*; ensuite on laisse glisser la colonne sous son poids; le cône écarte la bague en caoutchouc et la presse avec une très grande force contre les parois (voir fig. 5, pl. XIX).

Cet appareil donne de très bons résultats.

Fermeture dans une colonne de tubes. — Il arrive souvent que, par usure ou par accident, une colonne hermétique, fermant les eaux dans un sondage, est percée et que l'eau de l'extérieur pénètre à l'intérieur de cette colonne et noie la couche pétrolifère : on se trouve obligé de refaire un joint. Le retrait de cette colonne dété-

riorée entraînerait à des frais considérables, car il faudrait auparavant retirer toutes les colonnes suivantes perdues. Il faut donc employer d'autres moyens moins onéreux.

L'appareil avec une bague en caoutchouc convient très bien pour refaire un joint à l'intérieur de la colonne détériorée; on pose l'appareil sur la tête de la colonne perdue immédiatement suivante, et la bague en caoutchouc fait joint dans le premier tube du bas.

On peut encore se servir de la pompe même. On intercale à une hauteur convenable un appareil (fig. 6, pl. XIX) à bourrage, de manière que cet appareil pose sur la tête de la première colonne perdue et que le cylindre de pompe se trouve à la profondeur désirée. Cet appareil diffère peu de celui décrit plus haut. Il se compose d'une plaque *A*, vissée d'un côté sur un bout de tube de pompe *B* d'une certaine longueur, et de l'autre côté, sur la colonne de tubes qui surmonte l'appareil. Une seconde plaque *C* glisse librement sur le tube *B*. Le manchon fileté *D*, qui réunit l'appareil à la partie inférieure de la pompe, limite la course de la plaque *C*. Entre les plaques *A* et *C* on intercale le bourrage, chanvre, caoutchouc, etc. On descend cet appareil sur la tête de la colonne perdue, et tout le poids de la pompe provoque un tassement du bourrage qui forme joint hermétique.

Ce dispositif de fermeture des eaux présente l'inconvénient, peu grave, de ne pas permettre le retrait de la pompe sans provoquer une inondation de la couche pétrolifère. Le retrait de la pompe ne durant que quelques heures, l'inondation très courte de la couche pétrolifère n'a ordinairement pas d'influence sur celle-ci.

Fermeture avec des colonnes en tôle mince. — Dans les très grands diamètres, et pour de petites profondeurs ne dépassant pas cent mètres, on hésite quelquefois à employer des tubes en fer étiré qui sont très coûteux. On peut les remplacer par des tubes en tôle de 2 millimètres d'épaisseur.

On descend premièrement dans le sondage une colonne de plus faible diamètre munie d'un bourrage à mousse (fig. 7, pl. XIX). Une frette d'un diamètre convenable est rivée sur le pied de la colonne. On garnit le pied du tube de mousse sur une hauteur de $0^{m}50$ à 1 mètre. On place ensuite sur la mousse une bague glissant librement sur le tube.

La première colonne descendue, on la fait suivre de la seconde de plus grand diamètre et emboîtant l'autre. Quand la seconde colonne vient poser sur la bague supérieure de l'appareil à bourrage, sous tout son poids, elle provoque un tassement de la mousse. On coule ensuite entre les deux colonnes du ciment pas trop hydraulique qui, en se durcissant, forme un cylindre creux excessivement résistant sur toute la profondeur du sondage. Pour parfaire le joint du pied de la colonne, on coule aussi un peu de ciment derrière la colonne emboîtante.

Cette fermeture des eaux offre toute sécurité et procure une très grande économie sur l'emploi des tubes en fer étiré. Pour obtenir l'étanchéité des tubes de tôle, de manière que le ciment ne coule pas au-dehors des colonnes, on a soin d'intercaler entre les coutures, avant le rivage, un brin de coton que presse la tôle serrée par les rivets.

Double fermeture. — Il arrive parfois que l'on rencontre une couche d'eau entre deux couches pétrolifères, séparées l'une de l'autre par une assez grande hauteur et que l'on désire exploiter le pétrole sans être gêné par l'eau.

En ce cas, on peut se servir de l'appareil (fig. 1, pl. XX). Il se compose

d'un tube *A* d'une longueur convenable, muni de deux appareils à bague en caoutchouc *B C*.

L'appareil est descendu sur le fond en laissant glisser la colonne sous tout son poids ; les bagues en caoutchouc s'écrasent contre les parois du trou de sonde et forme joint hermétique. La couche d'eau, qui se trouve entre les deux appareils, est complètement séparée des couches pétrolifères. Les tubes qui supportent ou surmontent les appareils étant percés de trous n'opposent aucun obstacle à la venue du pétrole.

Fermeture de l'eau dans les sables. — Le pétrole se rencontre parfois dans des grès intercalés entre des couches puissantes de sable. Comme on ne peut attendre la rencontre des grès qui contiennent le pétrole, pour y faire un joint hermétique des eaux, on est donc obligé de faire ce joint dans le sable même au-dessus des grès pétrolifères.

Les sables présentent le grand inconvénient, au contact de l'eau, de se gonfler et de couler en formant une excavation à l'entour du trou de sonde. Il devient difficile, si pas impossible, de faire un joint hermétique dans un trou excavé ; il faut employer un moyen de fermeture qui puisse boucher complètement toute excavation. Un appareil à bourrage nous donne ce moyen (voir fig. 2, pl. XX).

La figure nous indique la marche à suivre. Après avoir déposé la colonne de retenue *A* sur le fond du trou de sonde, on descend la colonne *B* munie de l'appareil à bourrage *C* garni de chanvre, de mousse, ou d'autre matière, jusqu'à fond. On fore alors à l'intérieur de la colonne *B* sur une hauteur de quelques mètres, en ayant soin de faire suivre constamment le trépan par la colonne. Quand l'appareil est engagé tout entier dans les sables, on le laisse reposer sur le fond en provoquant un tassement des matières devant former joint et qui, en se serrant dans les sables, forment une première fermeture des eaux.

On descend ensuite une troisième colonne *D* qui suit constamment le trépan au fur et à mesure de l'enfoncement jusqu'à ce qu'on atteigne les grès. On laisse la colonne reposer sur ces grès de manière que les sables, ne pouvant passer en dessous de sa base, ne puissent provoquer un affouillement derrière la colonne qui pourrait détruire le joint formé par l'appareil à bourrage.

La réussite de cette fermeture d'eau dépend entièrement de la rapidité du travail d'enfoncement et du soin que l'on a d'éviter tout excavement, en faisant suivre le trépan le plus près possible par la colonne de tubes de garantie.

Fermeture à l'aide d'un excavateur. — Quand on n'a pu, par une fermeture directe dans les grès, obtenir l'isolement des eaux supérieures, on peut avoir recours au moyen suivant :

On relève la colonne d'un mètre de hauteur environ, et l'on descend ensuite un excavateur à très longues ailettes et que l'on charge d'une maitresse-tige très pesante.

Les pointes travaillantes des lames se trouvant sur un plan de beaucoup inférieur aux points d'attache de ces lames, celles-ci, sous le choc sur la roche, tendent toujours à se refermer et ne font que glisser sur les parois du trou de sonde sans les entamer. Il s'ensuit donc que, si on descend l'excavateur à l'endroit où la colonne de tubes reposait, les lames enlèveront premièrement l'embase formée et formeront un trou de plus en plus conique. En travaillant avec patience, on arrive à polir les parois et à former un trou parfaitement rond et conique sur une hauteur plus ou moins grande.

Si l'on descend la colonne dans cette partie conique, elle s'y coince d'autant plus

énergiquement que l'angle de coïncité est faible et forme joint hermétique par sa base.

On peut encore, avant de reposer la colonne, lui imprimer un mouvement de rodage en la laissant s'appuyer plus ou moins fortement sur la roche, de façon qu'elle forme bien son logis. Pour la pose définitive, on la relève d'une certaine hauteur qui dépend de son poids et on la laisse retomber plus ou moins vite, de manière qu'elle s'enfonce, aussi loin que possible, dans la partie conique du trou de sonde.

Si, malgré tous les soins mis à faire un trou bien cylindrique, il reste encore quelque interstice par lequel l'eau passe de l'extérieur à l'intérieur de la colonne par son embase, il suffit de descendre une pompe à l'intérieur des tubes et de pomper lentement, tout en jetant derrière la colonne des morceaux de caoutchouc, de schistes compacts, du gravier, du sable et de l'argile. Le courant d'eau, qui se forme de l'extérieur à l'intérieur des tubes par leur embase, entraîne tous ces matériaux vers l'ouverture par où l'eau passe; si cette ouverture n'est pas trop grande, il suffit que quelques morceaux de caoutchouc s'y arrêtent pour la boucher complètement. Du moment qu'il y a fermeture, si fragile qu'elle soit, elle ne tarde pas à se consolider par le dépôt des matières que l'on continue à jeter derrière les tubes, et l'on finit par obtenir un joint parfaitement hermétique.

L'emploi du mouton, pour enfoncer la colonne de tubes de force dans la partie rétrécie du trou de sonde, peut donner parfois de bons résultats. On devra, cependant, travailler avec prudence et ne frapper qu'avec une force calculée pour ne pas détruire les emmanchements de tubes. Pendant le battage au mouton, on pourra imprimer un mouvement de rotation à la colonne pour qu'elle puisse mieux s'enfoncer dans le terrain. On peut encore simultanément, avec l'emploi du mouton, appliquer une pression sur la colonne; cependant tous ces moyens sont brutaux et ne doivent s'employer qu'en tout dernier lieu.

Fermeture des eaux par cimentage. — Dans les terrains fortement ébouleux, tels que les sables, la fermeture des eaux ne peut se faire bien souvent que par cimentage de la base des tubes. On descend la colonne hermétique munie d'un tampon de fonte dans lequel un trou central de $0^{m}25$ est percé; ce trou est légèrement évasé et garni d'un filet. Quand la colonne est arrivée à quelques mètres du fond, on descend une colonne de tubes de 2″ de diamètre que l'on visse dans le trou du tampon de fonte. On visse, sur la tête de la colonne de tubes de 2″, une pompe verticale à piston-plongeur et avec laquelle on injecte du ciment liquide mélangé d'une quantité convenable de sable, en volume assez grand pour qu'il monte derrière les tubes à une hauteur aussi grande que possible. On pose ensuite la colonne sur le fond, on dévisse la colonne de 2″ et on la remonte au sol. Quand on juge que le ciment a pu se durcir, on broie le tampon de fonte au trépan et l'on continue l'enfoncement. On peut encore descendre une colonne de 1″ derrière les tubes hermétiques, entre ceux-ci et les tubes précédents, et injecter du ciment au pied de la colonne hermétique. Ce procédé est moins efficace que le premier et est souvent peu pratique vu le peu de jeu qu'il y a ordinairement entre les colonnes. On peut combiner les deux procédés : injecter premièrement du ciment par la base jusqu'à refus complet et ensuite par le haut pour parfaire le joint. On peut encore employer le moyen suivant :

On maintient la colonne à cimenter à un mètre environ au-dessus du fond du trou de sonde; on descend une colonne de tubes de 2″ de diamètre jusqu'à la base de la colonne hermétique, et l'on ferme soigneusement l'ouverture supérieure de celle-ci

à l'aide d'un tampon à bourrage; on remplit le trou de sonde entièrement d'eau et l'on injecte le ciment liquide par la colonne de 2'' par le moyen indiqué plus haut. L'eau qui remplit la colonne hermétique fait office de tampon et force le ciment à monter extérieurement à la colonne hermétique, entre celle-ci et les parois du trou de sonde.

Ce procédé d'injection du ciment permet d'éviter l'emploi d'un tampon de fonte au pied de la colonne, tampon dont le broyage au trépan demande toujours un certain temps. Il permet également de faire un joint par cimentage au pied d'une colonne que l'on aurait poussée au travers de terrains ébouleux, au fur et à mesure de l'enfoncement du trépan excentrique, sans devoir pour cela retirer la colonne entièrement pour la garnir d'un tampon en fonte, et risquer de provoquer un remplissage complet du trou de sonde par des éboulements.

Observations sur la fermeture des eaux. — Dans un terrain pétrolifère donné, il est indispensable de fermer les eaux dans chaque puits à une profondeur égale; cela pour éviter que les eaux ne gagnent latéralement, suivant le plan des couches, des puits où le joint hermétique est plus profond, les puits où il l'est moins. Il faut aussi que la couche de terrains, choisie pour y faire la fermeture des eaux, ait une grande étendue et qu'elle fasse fonction de manteau imperméable au-dessus de toute la formation pétrolifère.

Entre les divers terrains que l'on traverse, il faut choisir les couches les plus compactes, les moins fissurées, pour y faire le joint hermétique ; les terrains plastiques se prêtant mieux à cette opération, on devra leur donner la préférence. Si la formation entière se compose essentiellement de grès, il faut choisir un banc de grès dur et assez épais pour y établir la colonne de tubes hermétiques; les grès tendres cèdent facilement à la pression des eaux et au poids des tubes ; ils s'écroulent sous ceux-ci et la fermeture hermétique se détruit.

Si la formation de terrains se compose d'argiles, de grès reposant sur des sables, il faut couper les eaux dans les grès au-dessus des sables et non dans ceux-ci. Il faut, de plus, que la couche de grès qui surmonte la couche de sable, soit assez résistante pour supporter toute la pression des eaux et le poids des tubes; sinon, le sable s'affouillant, elle pourrait céder et l'on ne pourrait plus refermer les eaux qu'avec les plus grandes difficultés. Il est toujours prudent, si cela est possible, de fermer les eaux à une certaine hauteur au-dessus des sables, de manière à se réserver le pouvoir de tenter une seconde fermeture à quelques mètres plus bas si la première ne réussissait pas.

Quand la fermeture des eaux se fait dans un banc de grès reposant sur une couche de sable, il est indiqué de traverser ce banc de grès à petits coups, de façon à ne pas le fissurer et le faire sauter en éclats. Il est même bon de le traverser, avec un trépan de diamètre, un ou deux pouces plus petit que le diamètre de la colonne hermétique, quitte à remettre le trou de sonde au diamètre voulu par élargissage quand la fermeture des eaux est assurée.

Pour s'assurer de l'étanchéité du joint hermétique, il suffit de jeter derrière la colonne une matière fortement colorante, telle que la fluorescine, la fuchsine, etc. Si le joint n'est pas bien étanche, l'eau de l'intérieur des tubes sera colorée comme celle de l'extérieur.

Avant de descendre une colonne hermétique, on doit vérifier chaque tube sur toute sa longueur, et s'assurer qu'il n'existe aucune fissure, que les filets sont soi-

gneusement faits, de manière qu'il ne puisse y avoir de fuites. Les tubes doivent être serrés énergiquement l'un dans l'autre pour éviter que l'eau, sous sa grande pression, ne filtre au travers des filets.

Quand on travaille dans une formation, composée essentiellement de grès et dans laquelle on ferme les eaux à grande profondeur avec des tubes de grand diamètre, il arrive que, par l'ébranlement des terrains sous le choc, des tubes sous le ballottement de la sonde, et cédant au poids de la colonne, les grès qui soutiennent celle-ci s'effritent petit à petit, la colonne file souvent de quelques mètres de hauteur et les eaux font irruption de l'extérieur à l'intérieur. En ce cas, il est préférable, avant de tenter toute fermeture des eaux, de creuser en dessous de l'endroit où doit reposer la colonne, sur une hauteur correspondante à la longueur du poids-mort de la sonde et de préparer l'embase de la colonne à l'aide de l'excavateur, comme il est décrit plus haut.

Quand on fait un premier sondage dans une formation de terrains inconnus en profondeur, il est souvent prudent, arrivé approximativement à la profondeur à laquelle on veut couper les eaux, de travailler avec un trépan de diamètre réduit, sur une certaine hauteur, de manière à reconnaître la nature des terrains en profondeur, et à se réserver une embase sur laquelle on pourra, plus tard, faire le joint hermétique. Il s'ensuit un certain retard par suite de l'obligation où l'on est de reprendre le trou de sonde au diamètre voulu; mais, en revanche, cette manière de travailler donne l'avantage précieux de pouvoir choisir la couche de terrains dans laquelle on voudra fermer les eaux, et de ne pas risquer d'entrer à l'improviste dans des terrains dans lesquels on aurait les plus grandes difficultés à établir un joint hermétique.

Si l'on a recours à un cimentage pour fermer les eaux, il faut que le ciment soit fabriqué spécialement; il doit être à prise lente et ne pas se fissurer par durcissement; sinon, il pourrait se durcir avant d'arriver à l'endroit voulu ou, après durcissement, livrer passage à l'eau par ses fissures.

Tubage des couches pétrolifères.

Pour empêcher les éboulements, on recouvre les couches pétrolifères de tubes perforés qui laissent passer le pétrole tout en retenant le terrain. Les tubes sont perforés de plusieurs rangées de trous, dont le nombre dépend entièrement de leur diamètre; ainsi, les tubes de 4″ recevront quatre rangées de trous en hélice, ceux-ci espacés de $0^{m}10$ et de $0^{m}020$ de diamètre, tandis que les 6 ou 7″ seront perforés de 6 ou 8 rangées de trous de même diamètre et de même écartement que les 4″. Si les terrains encaissant les couches pétrolifères sont fort ébouleux, on peut réduire le diamètre des trous, mais il est recommandable de ne pas diminuer leur nombre. Par les éboulements qui se produisent derrière les tubes, il se produit facilement un aveuglement des ouvertures d'écoulement du pétrole, et celui-ci peut rester emprisonné dans ses gisements; trop de trous aux tubes ne peuvent nuire, tandis que le contraire peut influer fâcheusement sur la productivité des couches pétrolifères.

Pour le recouvrement des couches sableuses pétrolifères, dont les sables obstruent constamment le trou de sonde, on emploie des tubes garnis d'ouvertures longitudinales de deux à trois centimètres de longueur sur quelques millimètres de

largeur, très rapprochées l'une de l'autre; les tubes perforés sont entourés d'une toile métallique à mailles très serrées qui laisse filtrer le pétrole tout en retenant le sable.

Appareil de retraite des tubes des trous de sonde.

Pour opérer le retrait des colonnes de tubes qui garnissent un sondage, il suffit quelquefois de faire une certaine traction sur ces colonnes en les prenant par la tête. Mais, quand elles recouvrent des terrains très ébouleux, très pressants, elles sont souvent si fortement cernées que toute la force qu'on peut appliquer sur elles, en les prenant par la tête, provoque leur rupture et l'on ne réussit pas à les arracher du terrain. On se voit forcé de les prendre simultanément par le pied et par la tète avec des tiges dites de sauvetage et des instruments spéciaux appelés arrache-tuyaux.

Arrache-tuyaux. Système Petit (fig. 3. pl. XX). — Cet instrument se compose d'une tige *A* de section carrée se terminant en un cône *B* et s'assemblant à une seconde tige *C* de section cylindrique par un emmanchement à vis *D*. Deux bagues *EF*, l'une glissant librement sur la tige *A*, l'autre sur la tige *C*, soutiennent quatre lames munies de dents a a' a'' a''' à l'aide de vis à tête cachée.

Quand on descend cet instrument dans les tubes, les lames sont repoussées vers le haut; sous l'effet du ressort qu'elles possèdent, elles se resserrent sur elles-mêmes jusqu'à ne plus faire qu'un diamètre, au bout des dents, égal au diamètre de la colonne de tubes. En relevant l'instrument, les lames, sous leur poids, glissent suivant l'inclinaison du cône et se coincent d'autant plus dans le tube que la traction est forte.

Pour retirer l'instrument des tubes, on dévisse l'emmanchement *D* en imprimant un mouvement de rotation à droite à la sonde; la tige *A* reste suspendue sur la bague *E*, tandis que tout l'instrument entier reste suspendu par la bague *F* sur la femelle D de l'emmanchement. Afin d'éviter un serrage trop fort de la femelle sur l'embase du mâle de l'emmanchement *D*, deux dents, l'une taillée dans le bout de la femelle, l'autre dans l'embase du mâle, viennent, par vissage, buter l'une contre l'autre.

Pour prendre les colonnes par la tête, on visse sur la bague *F* un anneau *C* d'un diamètre un peu plus fort que le diamètre de la colonne, dans laquelle l'instrument est pris, de manière à obtenir un parachute en cas où, par la traction, une rupture de tiges viendrait à se produire. Si une telle rupture se produit, l'instrument surmonté des tiges qui y restent attachées, se tient suspendu sur la tête des tubes.

Cet instrument sert à trois usages : 1° pour prendre une colonne par le pied; 2° pour prendre une colonne par la tête; 3° pour dévisser les tubes.

Pour dévisser les tubes, l'instrument étant descendu à la profondeur voulue et coincé dans le tube, en imprimant un effort de torsion à gauche à la sonde, si la colonne n'est pas gênée extérieurement, elle se dévisse facilement. On décroche ensuite l'instrument à la manière indiquée plus haut.

Pour décrocher l'instrument, il faut premièrement le chasser; dans ce but, on visse sur l'instrument une solide glissière avec laquelle on peut, par choc, le décaler facilement. Cela fait, on le cerne à nouveau, mais très légèrement, suffisamment pour qu'il ne puisse plus bouger dans le tube et, en imprimant un mouvement de rotation dans le sens convenable à la sonde, on disjoint les deux parties de l'instru-

ment l'une de l'autre. Au choc produit par la chute de la partie inférieure sur la bague de retenue, on reconnaît que l'instrument est libéré et on le remonte facilement au sol.

Le diamètre des dents des lames ne peut — celle-ci se reposant sur l'embase du cône — dépasser que de quelques millimètres le diamètre extérieur des tubes à retirer; car, en cas contraire, l'instrument pourrait accrocher à même le terrain ou les tubes de dimension immédiatement supérieur.

Pour renforcer l'instrument, ainsi que le montre la figure, les lames sont, par leur bout supérieur, encastrées en queue d'aronde dans la bague de soutien.

Les deux tiges de l'instrument doivent provenir d'une seule pièce sans soudure et de fer nerveux; après avoir passé les bagues sur leur tige, on refoule le bout de celle-ci pour y découper ensuite l'emmanchement au tour. Le filet de l'emmanchement doit être carré et avoir un pas aussi grand que possible, afin que les dents de butage de l'emmanchement soient profondes assez pour résister à tout effort de torsion. Le tenon de l'emmanchement doit être cylindrique. Les dimensions de l'instrument doivent être calculées de telle façon qu'il puisse résister au double de la traction que l'on peut faire, afin d'avoir la sécurité absolue que rien dans l'instrument ne pourra céder.

Arrache-tuyaux à ressorts, Système Petit (fig. 4, pl. XX). — Pour prendre les colonnes exclusivement par la tête, nous employons encore un autre arrache-tuyaux qui nous donne également de très bons résultats.

Il se compose d'une tige de section carrée A se terminant par un cône B. Deux bagues, l'une C garnie d'un rebord d'un diamètre convenable, l'autre simple D, glissent toutes deux librement sur la tige A. Quatre lames $a\ a'\ a''\ a'''$ sont encastrées dans les bagues $C\ D$ et y sont fixées à demeure fixe par des vis à tête cachée. De même que dans l'arrache-tuyaux décrit plus haut, afin de relier fortement toutes les pièces de l'instrument ensemble, les encastrements de la bague G sont faits en queue d'aronde de manière que les vis qui pressent les lames sur la bague, aient le moins de fatigue possible. Un ergot E de 4 à 5 millimètres de diamètre, fixé dans la tige A, limite le mouvement de relevée des lames.

L'instrument est descendu dans la colonne de manière que le rebord de la bague C pose sur la tête des tubes. En relevant la tige A, les lames glissent sur le cône B et se coincent dans le tube.

Pour décrocher l'instrument, il suffit de faire descendre la tige A jusqu'à ce que les ressorts $b\ b'\ b''\ b'''$ viennent prendre en dessous de la bague A. On retire l'instrument, les lames suspendues sur ces ressorts.

L'ergot E sous le choc qu'il éprouve pendant la descente de la tige A, à la rencontre de la bague C, saute facilement de son alvéole.

Nous avons fait usage d'un grand nombre d'instruments arrache-tuyaux; mais aucun ne nous a donné d'aussi bons résultats que ceux décrits plus haut. Ces instruments permettent d'exécuter tous les travaux que l'on peut faire dans une colonne de tubes pour son retrait et leur décrochage étant de la plus grande facilité, jamais on n'a le moindre embarras pour en opérer le retrait.

Arrache-tuyaux, système Petit (fig. 5, pl. XX). — Nous employons encore un instrument arrache-tuyaux qui donne aussi de bons résultats. Il présente sur les deux autres le désavantage d'être plus coûteux de construction.

Il se compose d'un cône A se vissant sur une tige à filet carré B. Quatre lames a, a', a'', a''', venues d'une même pièce, embrassent la tige B et trouvent appui sur

une bague *C* vissée sur la tige *B* et maintenue à demeure fixe par une vis à tête cachée. Un ressort antagoniste en spirale *E* est intercalé entre la tête des lames *a a' a'' a'''* et l'embase *F*. Sous la pression de ce ressort et sous leur poids, les lames tendent toujours à s'appuyer sur la bague *C* en glissant sur le cône *A*. Un écrou, vissé sur le bout de la tige *B* et fixé à demeure fixe par une goupille, limite la course du cône *A*.

Pendant la descente de cet instrument dans la colonne, les lames se relèvent et, sous la force de ressort qu'elles possèdent, se resserrent sur elles-mêmes. Quand on relève l'instrument, les lames, sous la pression du ressort *E*, glissent sur le cône et se coincent dans le tube. Pour opérer le décrochage, on imprime un mouvement de rotation convenable à la sonde après avoir décalé légèrement les lames ; le cône descend sur la tige *B*. On continue le mouvement de dévissage jusqu'au moment où les lames se sont resserrées suffisamment sur elles-mêmes pour que l'instrument puisse être retiré.

Pour prendre une colonne par la tête, on visse une bague *C* sur l'embase *F* qui fait parachute comme avec les instruments décrits plus haut.

Cet instrument présente l'avantage, souvent précieux, de permettre de le recoincer dans les tubes après qu'on en a opéré un premier décrochage sans être obligé de le remonter à la surface. On opère de la façon suivante :

Après avoir décroché l'instrument, on le relève ou on le descend à l'endroit où on veut le recoincer. On imprime un mouvement de rotation convenable à la sonde. Les lames, rencontrant toujours une certaine résistance dans les tubes, restent immobiles tout en maintenant le cône *A*, tandis que la tige *B* tourne librement dans celui-ci et le force à monter le long d'elle. Quand on sent que les lames sont calées dans les tubes, on descend doucement la sonde, tout en continuant le mouvement de rotation, jusqu'à l'endroit où l'on veut caler l'instrument. Ce mouvement combiné de descente et de rotation simultanées permet au cône de monter assez haut pour que, sous la traction que l'on opère sur la sonde, les lames trouvent appui sur l'embase du cône *A*. Si les lames ne trouvaient pas appui sur le cône *A*, elles resteraient suspendues sur la bague *C* et, sous l'effort de traction que l'on opère pour arracher les tubes, les lames pourraient casser ou la bague *C* pourrait céder, ce qui rendrait impossible le retrait de l'instrument.

Arrache-tuyaux pour tubes en tôle mince (fig. 6, pl. XX). — Le retrait des colonnes de tubes en tôle mince se fait ordinairement à l'aide d'un dispositif très simple, qui consiste en un bloc de bois d'un diamètre légèrement inférieur au diamètre des tubes à retirer, façonné en forme de poire et traversé par une tige à écrou sur laquelle on visse la sonde. On descend ce bloc de bois dans la colonne à la profondeur voulue, et l'on jette ensuite des pierres plus ou moins volumineuses qui vont se caler entre le bois et le tube.

Cette manière d'opérer présente un inconvénient très grave, c'est que les pierres, en se glissant entre le bois et la tôle des tubes, extendent ceux-ci à un très grand diamètre et les cernent dans le trou de sonde. Le surcroît de résistance qui s'ensuit est énorme et l'on n'opère le retrait des tubes qu'en appliquant une très grande force de traction.

La retraite des colonnes de tubes en tôle mince, en les prenant par le pied, présente le grave danger que celles-ci peuvent se refouler sur elles-mêmes si elles rencontrent une trop grande résistance vers leur partie supérieure, soit dans les terrains, soit dans les colonnes qui les emboîtent, et se refermer entièrement ou partiellement au-dessus du bloc de bois.

Comme, une fois descendu et calé dans les tubes, le bloc de bois ne peut plus être retiré si les tubes ne veulent pas se desceller, pour dégager la sonde et la retirer, on ne peut que libérer la tige, qui traverse le bloc de bois, de son écrou en lui imprimant un mouvement de rotation dans le sens convenable et abandonner le bloc de bois.

Nous employons encore un autre arrache-tuyaux pour tubes en tôle mince et qui n'est autre que celui montré par la figure 7, pl. XX, modifié légèrement. Ainsi qu'on le voit par la figure 3, pl. XX, le principe de décrochage est le même; il n'y a que deux lames supportant chacune un demi-cylindre de bois ferré de tôle épaisse ou de fonte, garni sur sa périphérie d'une série de griffes qui y sont vissées et disposées en quinconce.

Le diamètre des deux demi-cylindres doit, ceux-ci reposant sur l'embase du cône de l'instrument, être égal au diamètre intérieur des tubes, de façon à ne pas extendre ceux-ci. Les griffes seules doivent mordre dans la tôle; on ne devra pas les faire trop longues pour ne pas prendre dans le terrain.

On devra prévoir le cas où, par la traction opérée, les tubes viendraient à se refouler l'un dans l'autre, de façon que l'instrument ne pourrait plus repasser; il sera donc bon de ne pas visser la sonde trop fortement sur l'instrument, de manière à pouvoir la dévisser et abandonner l'instrument, s'il le fallait.

Appareils à couper les tubes.

Quand une colonne de tubes est tellement cernée dans le terrain qu'on ne puisse l'arracher, on se résigne à en sacrifier une certaine partie.

On opère une coupure avec des instruments, appelés coupe-tuyaux, à une certaine hauteur au-dessus de la base de la colonne, de manière à n'abandonner dans le trou de sonde que les tubes les plus cernés.

On peut faire cette coupure par rotation ou traction à l'aide d'une colonne de tubes ou d'un jeu de tiges.

Coupe-tuyaux par rotation (fig. 1, pl. XXI.) — Cet instrument se compose d'une bague *A* se raccordant par un manchon fileté *B* avec une colonne de tubes de 1 3/4 ou de 2'' de diamètre. La bague *A* soutient, par quatre boulons a, a', a'', a''', une seconde bague *C* dans laquelle quatre ouvertures rectangulaires sont découpées. Dans ces ouvertures glissent, à frottement doux, les porte-couteaux b, b', b'', b'', dont la queue, taillée en queue d'aronde, est prise dans une rainure taillée à même le cône *D*. Chaque porte-couteau porte une roulette tranchante d'acier très dur tournant sur un rivet fixé à même le porte-couteau. Les boulons a, a', a'', a''' sont prolongés en-dessous de la bague *C* et soutiennent une plaque *E* sur laquelle le cône *D* trouve appui.

On opère de la façon suivante :

On descend premièrement l'appareil, le cône *D* reposant sur la plaque *E*, les porte-couteaux rentrés dans l'intérieur de la bague *C*, à la profondeur voulue sur la colonne de tubes *A*. Sous le dernier manchon, du haut de cette colonne, on place une plaque *F* assez grande pour qu'elle puisse couvrir la colonne de tubes à couper *C* (voir fig. 2, pl. XXI). Cela fait, on descend à l'intérieur de la colonne *A* un jeu de tiges légères que l'on vient visser sur le mâle qui surmonte le cône du coupe-tuyaux. Le jeu de tiges est surmonté d'un bout *D* fileté extérieurement sur une hauteur convenable; un écrou *E*, vissé sur ce bout fileté et tournant sur une plaque *B* posée

sur la tête de la colonne *A*, permet de soulever le cône du coupe-tuyaux et de provoquer un serrage des couteaux sur le tube à couper. A l'aide d'une clef, ou par tout autre moyen, on imprime un mouvement de rotation à la colonne *A* et on coupe circulairement le tube *C*. Quand on sent à l'effort que l'on fait pour faire tourner le coupe tuyaux que les couteaux ne mordent plus assez, on donne quelques tours à l'écrou *E*.

Il est bon, pour faciliter le coupage de la colonne, de tendre celle-ci, préalablement, avec énergie et de la maintenir tendue en la saisissant par la tête avec une couronnne à cales (voir fig. 2, pl. XIV). De cette façon, quand la coupure est presque finie, la partie qui reste à couper ne s'écrase pas sous le poids de la colonne et les couteaux ne sont pas gênés dans leur action.

On reconnaît que la colonne est complètement coupée au ressaut qu'elle éprouve, si elle est tendue et si elle n'est pas cernée extérieurement par les terrains, ou à la difficulté qu'on éprouve brusquement à faire tourner le coupe-tuyaux.

La coupure faite, on laisse glisser le cône sous le poids des tiges et qui attire les couteaux vers l'intérieur de l'instrument; on dévisse ensuite le jeu de tiges et, après l'avoir remonté, on retire la colonne de tubes supportant le coupe-tuyaux.

Si, après une première coupure, la colonne de tubes que l'on veut arracher ne veut pas se desceller, on en opère une seconde un peu plus haut, une troisième et une quatrième, s'il le faut, jusqu'au moment où, après une dernière coupure, la traction que l'on fait sur la colonne surmonte la résistance extérieure des terrains.

Coupe-tuyaux par rotation avec cône trouvant appui sur le fond. — Dans cet instrument, le cône qui règle le mouvement des porte-couteaux n'est plus suspendu sur un jeu de tiges: c'est la colonne de tubes même qui règle l'appui des couteaux sur la paroi du tube à couper.

Cet instrument (fig. 3, pl. XXI) diffère peu de celui décrit précédemment, sauf que le cône est supporté par la colonne ou les tiges de soutien. Le porte-couteaux repose sur une longueur plus ou moins grande de tubes ou de tiges, longueur qui est calculée pour la hauteur au dessus du fond du trou de sonde à laquelle on veut opérer la coupure. On descend donc l'appareil jusqu'à ce que le bout inférieur des tubes ou tiges de prolongement du porte-couteaux s'appuie sur le fond du trou ou sur la tête d'une colonne perdue. On laisse s'appuyer la colonne de tubes, qui surmonte le coupe-tuyaux autant qu'il le faut sur le cône pour que les couteaux puissent mordre dans le tube à couper. On tient toute la partie supérieure de l'appareil suspendue sur le crochet-tournant d'un palan et, au fur et à mesure du coupage, on la laisse insensiblement glisser. Ce coupe-tuyaux présente l'avantage, sur celui décrit précédemment, de permettre la substitution de tiges pleines aux tuyaux de soutien de tout l'appareil.

Un anneau-tournant doit nécessairement être intercalé entre le cône du coupe-tuyaux et les tubes qui le prolongent.

Coupe-tuyaux de Wolski (fig. 4, pl. XXI. — Ce coupe-tuyaux est établi sur le même principe que ceux décrits plus haut. Il n'y a que certains détails de construction qui diffèrent.

Il se compose de deux plaques *A* et *B* reliées l'une à l'autre par des boulons a, a', a'', a''', sur lesquels les porte-couteaux b, b', b'', b''' oscillent. Des ressorts en spirale, placés sur les boulons a, a', a'', a''' et saisissant par un bout le porte-couteaux et par l'autre bout la plaque *A*, attirent les porte-couteaux vers l'intérieur de l'instrument. Les porte-couteaux portent, à une distance convenable, du point d'attache

un talon qui s'appuie sur le cône. Le cône peut trouver appui soit sur le fond du trou de sonde, soit sur un jeu de tiges, comme dans l'appareil décrit plus haut; le fonctionnement de cet instrument est le même que celui des coupe-tuyaux décrits précédemment.

Coupe-tuyaux par rotation, système Petit. — Pour couper les colonnes de très grands diamètres, qu'elles soient en tôle mince ou en acier étiré, nous employons le coupe-tuyaux (fig. 5, pl. XXI).

Il se compose d'un cadre *A* soutenant deux leviers *B C* oscillant sur les boulons *F G* et terminés en fourche dont chaque bout porte une mollette tranchante. Un cône *H*, muni d'une tige à section carrée, agit sur des talons *I J* venant des leviers *B C* mêmes. Un ressort en spirale *O* relie les deux leviers *B C* et tend à les attirer l'un vers l'autre. Tout l'appareil trouve appui sur un prolongement *K*, par l'intermédiaire d'un anneau-tournant *L*, et qui pose sur le fond du trou de sonde ou sur une colonne perdue. Le cône *H* est suspendu sur la colonne de tubes ou sur le jeu de tiges qui donne le mouvement de rotation à l'appareil. Comme dans l'appareil (fig. 3, pl. XXI), c'est la colonne de tubes ou les tiges mêmes qui, par leurs poids, règlent le mouvement du cône et des porte couteaux.

Coupe-tuyaux par traction, système Petit. — Pour couper les tubes en fer étiré, au lieu d'employer les coupe-tuyaux qui coupent par rotation, nous faisons usage d'un autre instrument qui fait une rainure verticale en travers du bout fileté d'un tube. Cette nouvelle méthode permet d'économiser beaucoup de temps, tout en donnant d'aussi bons résultats (fig. 6, pl. XXI). Cet instrument se compose d'un corps en fer façonné en croix *A* et dans lequel une ouverture transversale *B* est découpée. Dans cette ouverture est glissé un couteau *C* de 10 millimètres environ d'épaisseur; ce couteau oscille sur un boulon *D* et trouve appui sur la base de l'ouverture *B*; un ressort antagoniste *B* repousse constamment le couteau. Une vis à filet carré *F* se visse dans le corps *A* de l'instrument et est armée d'un coin *G* qu'une goupille tient à demeure fixe. Une ouverture latérale, pratiquée à même le corps de l'instrument, permet de placer le coin *C* dans l'instrument; une plaque rapportée, et maintenue par des vis à tête cachée, bouche cette ouverture.

Cet instrument est descendu, dans l'état montré par la figure, à la profondeur voulue sur un jeu de tiges solides. Sous la pression du ressort *C*, le tranchant du couteau s'appuie constamment sur la paroi du tube. En relevant la sonde, le couteau vient buter sous le bout du tube le plus proche; en opérant une traction suffisante à l'aide de palans, le couteau découpe dans le bout du tube une rainure longitudinale.

On retire l'instrument, après avoir fait rentrer le couteau dans le corps de l'instrument, en imprimant un mouvement de rotation dans le sens convenable à la sonde.

La rainure faite par l'instrument dans le bout du tube suffit pour que celui-ci se referme sur lui-même et sorte ensuite facilement de la femelle du tube qui le soutient. On emploie cet instrument de deux manières : par traction et par choc. Pour la traction, il faut un jeu de tiges, dites de sauvetage, qui puissent résister à l'effort du palan. Pour le choc, on emploie les tiges de forage ordinaires en intercalant une glissière entre elles et l'instrument. Comme dans tous les instruments de ce genre, le couteau doit provenir d'acier très dur et très tenace, et la trempe doit être particulièrement soignée; elle ne doit pas être trop forte pour que le couteau ne saute en éclats, et elle ne doit pas être trop faible pour qu'il ne se refoule pas.

On peut encore se servir d'un autre coupe-tuyaux (fig. 7, pl. XXI) consistant en

une tige *A* en deux pièces réunies par un emmanchement à vis cylindrique *H* et qui porte, à son extrémité inférieure, un couteau *B* oscillant sur un boulon *C*. Une tringle *D* portée par un anneau *E* tournant sur la partie supérieure de la tige *A*, et un anneau *F* glissant sur la partie inférieure, saisit le couteau *B* par un boulon *C*. On descend l'instrument, l'emmanchement *H* vissé à fond; pour pouvoir le remonter, il suffit de dévisser l'emmanchement en faisant tourner la sonde dans le sens convenable; la partie inférieure de la tige *A* reste suspendue sur la partie supérieure par la tringle *D* et l'anneau *E*, tandis que le couteau *B* est relevé.

La figure 8, pl. XXI, nous montre un coupe-tuyaux également décrochable. C'est une simple tige *A*, munie d'un couteau *B* oscillant sur son boulon *C*, et d'un verrou *E* glissant à frottement dur dans une rainure pratiquée à même la tige. On le descend dans les tubes, le verrou baissé; pour le désarmer et pouvoir le retirer, on le descend jusque sur le fond du trou de sonde et on chasse le verrou en frappant avec la sonde; le couteau se relève.

Les coupe-tuyaux (fig. 9, pl. XXI, et fig. 1, pl. XXII) rendent également de bons services. Nous n'en ferons pas la description : leur fonctionnement est bien compréhensible par ce que nous avons dit des autres instruments du même genre décrits plus haut.

Appareils de traction.

Nous avons examiné les différents appareils qui fonctionnent dans l'intérieur des colonnes de tubes à retirer. Voyons maintenant ceux qui servent à opérer la traction nécessaire au descellement de ces colonnes. Ces appareils consistent en palans, vis de pression, presses hydrauliques, leviers d'abatage.

Palans (fig. 2, pl. XXII). — On emploie exclusivement pour les palans des cordes en fils d'acier flexible, qui sont d'un maniement plus facile que les cordes en chanvre et n'offrent pas tant de résistance sur les poulies que celles-ci.

On donne ordinairement vingt fois le diamètre du câble aux poulies, ce dans le but d'éviter des ploiements à angle trop vif de la corde, qui en provoquent rapidement la mise hors d'usage.

On ne doit jamais employer de crochet aux palans, soit pour les suspendre, soit pour les réunir à l'objet à soulever : ils n'offrent pas assez de sécurité; on les remplace avantageusement par des moraillons solides à boulon à vis ou à clavette.

On donne au boulon des poulies du palan trois et quatre fois le diamètre du câble et, pour réduire le frottement des poulies sur leur boulon, on en garnit leur moyeu d'une bague en bronze phosphoreux, ou, encore mieux, on fait rouler les poulies sur un jeu de galets cylindriques placés tout à l'entour du boulon. Pour faciliter le graissage, un trou longitudinal est percé dans le boulon; d'autres trous perpendiculaires au trou principal distribuent le lubrifiant à chacune des poulies. Toutes les pièces des palans doivent être fabriquées de fer de tout premier choix, très fibreux. Aux endroits de plus grande fatigue, on doit donner au fer une épaisseur telle qu'il présente un coefficient très grand de sécurité. Aucune soudure ne doit exister dans les organes des palans; tout doit être fait d'une seule pièce.

On peut disposer les palans comme le montre la figure 4, pl. XXXVIII. Une série de poulies sont placées sur une pièce de bois, sur la chèvre; la corde va rejoindre un moufle mobile ayant un nombre de poulies correspondant au nombre de poulies du

haut de la chèvre. Ce dispositif permet de répartir toute la force de traction sur toute la surface de la tête de la chèvre.

Vis de pression. — Ces vis (fig. 1, pl. XXIII) consistent en une barre cylindrique de 0^m12 à 0^m15 de diamètre, et sur toute la longueur de laquelle est découpé un filet, d'un pas de 5 à 6 millimètres et d'autant de profondeur. Deux écrous glissent librement le long de chaque vis; l'un sert à serrer la vis sur la pièce de bois qui la porte avec, comme répondant, une clavette qui prend la pièce par-dessous; le second sert à soulever. Afin de réduire le frottement au minimum, chaque écrou tourne sur un train de galets intercalé entre l'écrou et un chapeau qui fait office de plaque d'intercalation. Ce chapeau est rendu solidaire de l'écrou par des goupilles se cachant, mi-partie dans l'écrou, mi-partie dans le chapeau.

On dispose les vis, comme le montre la figure 2, pl. XXIII. Elles sont fixées sur les pièces *A B* de chaque côté de la colonne de tubes à arracher. Immédiatement sur les écrous de pression vient se placer un collier en bois *C*, que l'on serre sur le tube à l'aide des vis *D E*. Sur le collier *C* se place une bague à cales *F* avec laquelle on cerne le tube. En plus des vis, on attache encore les palans sur la colonne à l'aide de l'appareil (fig. 4, pl. XIV) précédemment décrit, de manière à obtenir plus de force.

Quand on a relevé la colonne d'une certaine hauteur, on abaisse les écrous de pression pour fixer la bague à cales plus bas sur la colonne; on ne doit jamais pousser la levée de la colonne si loin que les écrous de pression montent trop haut; car plus ils sont haut, moins les vis présentent de résistance aux efforts latéraux qui peuvent se produire brusquement par suite de la rupture d'une pièce quelconque ou de l'affaissement du boisage. Sous un effort latéral, les vis pourraient se renverser et causer les accidents les plus graves. Il vaut donc mieux faire des levées plus courtes et rabaisser plus souvent la griffe.

Quand on abaisse les écrous de pression, on ne doit jamais omettre de détendre les palans au fur et à mesure de cet abaissement. Si l'on oubliait ce soin essentiel, les palans ayant à supporter toute leur pression propre, à laquelle viendrait s'ajouter celle des vis, ne manqueraient pas de provoquer un écrasement de la chèvre ou la rupture d'une pièce quelconque de suspension.

Quand on doit faire une pression considérable sur une colonne, on la prend par le pied, avec des tiges de sauvetage et un arrache-tuyaux.

Après avoir préalablement tendu les tiges avec les palans et bien cerné l'arrache-tuyaux dans les tubes, on fixe une griffe à cales (fig. 3, pl. XXIII) sur les tiges que l'on fait reposer sur la tête de la colonne; de cette façon, la colonne et les tiges ne forment plus qu'un tout. On attache les palans sur la tête des tiges et les vis sur la colonne même, et on opère la pression sur les deux en même temps.

Pour plus de facilité, de sécurité, pour éviter l'usure trop rapide des vis de pression, et obtenir une plus grande force, on emploie quatre vis au lieu de deux, et que l'on dispose suivant la figure 3, pl. XXIII.

On peut encore employer les vis micrométriques (fig. 4, pl. XXIII), qui donnent une très grande force.

Presses hydrauliques. — On remplace quelquefois les vis de pression par des presses hydrauliques, qui donnent une force considérable avec une vitesse plus grande. On les dispose exactement comme les vis.

Les presses hydrauliques donnant une pression qu'il est difficile aux ouvriers de se représenter, il est bon de mettre sur chaque presse un manomètre qui indique exac-

tement la pression en kilogrammes. On ne doit pas omettre d'avertir les ouvriers de ne pas dépasser la pression, au-dessus de laquelle une rupture quelconque pourrait se produire, soit à la colonne, soit aux tiges; cette limite de tension, le directeur du sondage doit être à même de la calculer et ne doit pas permettre de la dépasser.

En hiver, on doit mélanger un peu de glycérine à l'eau qui sert à remplir les presses, pour en empêcher la congélation.

Les presses hydrauliques sont des organes très délicats à manier. Bien souvent, quand on dépasse une pression un peu grande, une fuite se produit au piston, et celui-ci descend brusquement de lui-même. On comprend quel danger cela représente; si, d'un côté, une presse cède, tout le dispositif s'incline et se renverse en causant les accidents souvent les plus graves; de plus, les presses hydrauliques ne peuvent rester indéfiniment tendues comme les vis de pression, il faut une attention constante pour que le dispositif ne cède pas d'un côté ou de l'autre.

Ordinairement, on emploie les vis de pression et les presses hydrauliques simultanément. On place les presses entre les vis, et quand on a opéré une levée, si légère qu'elle soit, de la colonne, on s'empresse de tendre immédiatement les écrous de pression des vis, de manière à assurer la stabilité du dispositif de traction. Par cette combinaison de traction par vis et par presses hydrauliques, celles-ci rendent vraiment de grands services, car elles permettent d'obtenir une grande pression beaucoup plus rapidement qu'avec les vis seules.

En général, il est prudent de toujours employer quatre vis au lieu de deux, comme on le fait ordinairement, car, donnant une plus grande base de sustentation à tout le dispositif de traction, celui-ci offre plus de sécurité. Pour remédier aux dangers présentés par les presses hydrauliques, nous avons imaginé un dispositif de sûreté qui permet de les employer en toute sécurité. Les presses hydrauliques sont construites comme le montre la figure 4, pl. XXII; on voit qu'un chapeau à vis A peut se relever par dévissage et venir buter en dessous du rebord B du piston. Au fur et à mesure que le piston s'élève, on le fait suivre par le chapeau de sûreté. Si le piston venait brusquement à céder, il serait retenu et l'on n'aurait aucun accident à craindre.

Leviers d'abatage. — Quand on ne dispose pas de presses hydrauliques ou de vis de pression, on emploie, pour tirer sur les colonnes, en dehors des palans, des leviers solides dont un bout prend en dessous d'une griffe fixée sur la colonne, tandis que l'autre bout est chargé de matériaux pesants. On place le point d'appui des leviers aussi près possible du point de résistance; on dispose les leviers comme le montre la figure 5, pl. XXII.

Des précautions à prendre pour le retrait d'une colonne de tubes.

On doit calculer exactement la force de résistance de la colonne de tubes et, s'il y a lieu, des tiges de sauvetage, de façon à ne pas opérer une pression qui pourrait dépasser la résistance combinée des tiges et des tubes et amener leur rupture. Quand on arrive à une pression qu'on ne pourrait dépasser sans dangers, on doit arrêter les efforts de traction et avoir recours à d'autres moyens : coupure longitudinale ou circulaire à une certaine hauteur au-dessus du fond, dévissage de la colonne, etc.

Il est bon, après avoir tendu la colonne à une certaine pression, d'attendre quel-

ques minutes, qu'elle ait le temps de se dégager lentement. Quand la pression atteint le summum, il faut laisser le tout tendu pendant un certain temps, et il n'est pas rare que les tubes ne se dégagent d'une façon inappréciable, au commencement, pour monter, ensuite, de mieux en mieux; des colonnes, qui ont été tendues pendant trois ou quatre jours, à une tension qui atteignait presque le maximum de résistance, ne se sont dégagées que de quelques millimètres par jour, après ces trois ou quatre jours de tension continue. C'est au retrait des colonnes de tubes que l'on pourrait appliquer l'axiome bien connu : « Mieux vaut patience que force et que rage. » Là où la force brutale et impatiente n'amène que des ruptures, une tension lente et continue donne les meilleurs résultats.

Avant de commencer la tension sur les tubes, on doit soigneusement vérifier l'état de chaque pièce des organes de traction; toute pièce défectueuse, ou qui semble même un peu faible, doit être immédiatement mise de côté et remplacée. On ne doit jamais se fier à la chance; il faut être tout à fait certain des outils qu'on emploie pour ne pas être constamment influencé par la crainte d'un accident qui paralyse la faculté de penser.

La traction à grande force sur des colonnes de tubes ou sur des tiges de sauvetage est un des plus dangereux travaux que l'on ait à exécuter en sondages; il faut donc prendre les plus grandes précautions. Que d'accidents, entraînant souvent mort d'hommes, ne sont déjà arrivés par l'imprudence ou l'imprévoyance des ouvriers et que d'autres ne sont arrivés par la rupture d'outils que le calcul et le soin mis à les construire avaient démontrés assez solides et qui, cependant, pour une cause indépendante de la volonté du personnel, se sont rompus au moment le plus critique ! Je le répète, le directeur d'un sondage ne saurait être assez prévoyant et ne pourrait jamais mettre trop de sollicitude à sauvegarder la vie de ses ouvriers et à empêcher le moindre accident, même matériel, de se produire.

Retrait d'une colonne de tubes par choc et pression.

Après avoir tendu les tubes et les tiges énergiquement, on peut aider au descellement de la colonne en frappant avec une glissière, vissée sur la tête des tiges, de bas en haut; on visse une pesante maitresse-tige sur la glissière et on frappe vigoureusement à la volée à l'aide de la corde de manœuvre. Ces chocs brusques, joints à la tension lente opérée avec les vis, provoquent souvent, par ébranlement, le dégagement rapide des tubes. Ce procédé est surtout à employer quand la colonne est engagée dans des grès, des sables ou des graviers. Dans les schistes, il a moins d'efficacité, les terrains plastiques subissant peu l'effet des ébranlements par suite de leur élasticité.

Coupure d'une colonne de tubes par percussion.

Quelquefois il est impossible de retirer une colonne énergiquement engagée dans des terrains très pressants. Pour les tubes de faible épaisseur, on peut les déchirer par traction sur toute la hauteur engagée dans le terrain, et ensuite les retirer morceau par morceau, tandis que, pour les tubes de forte épaisseur, la traction ne suffit plus,

le couteau de l'instrument coupeur résistant difficilement à la traction considérable qu'il faut opérer pour forcer le couteau à entamer la tôle.

On coupe ces tubes par un moyen entièrement opposé : au lieu de faire la coupure par traction de bas en haut, on la fait par percussion de haut en bas.

Pour cela, après avoir préalablement dévissé la colonne de tubes aussi bas que possible, et avoir retiré la partie dévissée, on descend sur la tête du tronçon de colonne restant dans le trou un trépan (fig. 5, pl. XXIII). Sur un côté de la lame, à 0^m50 environ du bout du trépan ressort un couteau de 0^m03 de largeur donnant au trépan un diamètre un centimètre plus grand que celui de la colonne de tubes à couper. On surmonte le trépan d'une maîtresse-tige avec laquelle on frappe sur la colonne toujours au même endroit. Le couteau dont est garni le trépan frappe seul sur la colonne et y fait une déchirure longitudinale, tandis que la partie du trépan qui précède le couteau sert de guidonnage à celui-ci. La déchirure doit se faire d'un seul coup depuis la tête du tronçon de colonne jusqu'au pied; car, après avoir retiré le trépan, il serait difficile de retomber dans la déchirure; ce n'est que quand celle-ci est finie que l'on peut retirer la sonde. On descend alors un arrache-tuyaux sur les tiges de sauvetage et on arrache les tubes déchirés en les prenant par le pied.

Il est à craindre, en arrachant premièrement le premier tube du haut, que le terrain ne s'éboule et ne recouvre les derniers tubes du bas. On a alors recours à une colonne de garantie que l'on fait filer jusque sur la tête des tubes restants, en enlevant les éboulements; quand on est parvenu aux tubes à retirer, on saisit celui du haut avec l'arrache-tuyaux et on le remonte avec la colonne de garantie jusqu'au moment où il est dans la colonne de tubes immédiatement précédente. On peut, à partir de là, premièrement remonter la colonne de garantie, puis le tube seul sur les tiges de sauvetage. On doit renouveler cette opération autant de fois qu'il y a de bouts de tubes à retirer.

On peut encore découper longitudinalement une colonne de tubes en employant un coupe-tuyaux (fig. 1, pl. XXI), mais dont les couteaux, au lieu d'être horizontaux, sont verticaux. On découpe en imprimant un mouvement de va-et-vient de bas en haut et de haut en bas au coupe-tuyaux.

Découpage d'une colonne de tubes au trépan.

Il arrive très souvent que, malgré tous les efforts faits, on ne parvient pas à arracher un tronçon de tubes des terrains et qu'après avoir essayé des coupures circulaires et longitudinales, on se voit impuissant à retirer les morceaux de tubes. On peut, en un tel cas, avoir recours au découpage de ces tubes par le trépan. On doit pour cela, préalablement les bourrer de pierres dures (un bétonnage est encore mieux) et ensuite les broyer avec un trépan très tranchant. Si le bourrage des tubes a été bien fait, on parvient à en découper entièrement deux à trois mètres par jour.

Perforation d'une colonne de tubes dans un trou de sonde.

On est parfois amené à exploiter une couche pétrolifère dont, de prime abord, on avait dédaigné la production et qu'on avait tubée avec des tubes pleins. Il est sou-

vent difficile de retirer une telle colonne pour la perforer à la hauteur voulue sans être obligé préalablement de retirer les colonnes suivantes. On préfère bien souvent ne pas retirer les colonnes et perforer le tube qui recouvre la couche pétrolifère dans le trou de sonde même. Pour cela, on emploie divers instruments appelés perce-tuyaux.

Perce-tuyaux par torsion (fig. 6, pl. XXIII). — Cet instrument consiste en une tige terminée par un renflement *A* d'un diamètre de deux centimètres plus petit que le diamètre des tubes à percer, et dans lequel deux ouvertures sont découpées pour recevoir deux galets *B C*, oscillant sur des boulons vissés dans l'instrument même. En imprimant un mouvement de rotation brusque dans le sens convenable à la sonde, ces galets sont projetés sur la paroi du tube et s'y enfoncent sous l'effort de torsion que l'on applique sur la sonde. Le diamètre de l'instrument sur les pointes des galets, ceux-ci étendus, étant calculé pour qu'il soit plus grand que le diamètre extérieur des tubes, les galets percent la tôle de part en part. En faisant tourner la sonde en sens contraire, les galets rentrent dans le corps de l'instrument. On comprend qu'en prenant bien ses mesures, il est possible de percer les trous à des distances convenables suivant les besoins.

Perce-tuyaux par percussion, système Petit (fig. 7, pl. XXIII). — Cet appareil consiste en un plateau *A* suspendu sur la sonde par l'intermédiaire d'une came *B* et relié à un étrier *C* par une vis *D*. La came *B* oscille sur les boulons *E F* et peut s'appuyer à plat dans une rainure pratiquée à même le plateau *A*. Une pointe acérée *G* est vissée dans le plateau *A*. La tige *H* qui termine la sonde est rejetée un peu sur le côté, de manière que le boulon *F* tombe en dehors de l'axe de tout l'instrument. On prolonge l'étrier *G* en y ajoutant soit des tiges assez fortes ou des tuyaux de diamètre convenable, de manière que ces tiges ou ces tuyaux, en posant sur le fond du trou de sonde, supporte le perce-tuyaux à la hauteur à laquelle on veut opérer. L'instrument étant posé sur le fond, on laisse glisser la sonde sous son poids, la came *B* oscille sur ses boulons et s'appuie par le côté d'attache du boulon *F* sur la paroi du tube et rejette la pointe *G* contre la paroi opposée de la colonne. En frappant sur la came *B* à l'aide de la glissière, que l'on a eu soin de visser sur la tige *H*, et de la sonde, on force la pointe *G* à transpercer la tôle de part en part; en relevant la sonde, le talon *J* de la came *B* vient buter contre le tube et repousse le plateau *A* en arrière; en faisant tourner la sonde suivant un angle plus ou moins grand, on fait prendre une autre position à la pointe perceuse et l'on perce un nouveau trou. Suivant que l'on tourne la sonde à droite ou à gauche, la vis *D* se visse ou se dévisse et fait monter ou descendre le plateau *A*; on peut donc percer toute une série de trous sur une hauteur égale à la longueur de la vis *D*.

Perce-tuyaux par rotation, système Petit (fig. 8, pl. XXIII). — Il se compose d'un tube *A* bouché aux deux bouts par des tampons *B C*, dont l'un *B* livre passage à une tige cylindrique *D*. Cette tige *D* provient d'une coulisse *E* qui supporte une crémaillère *F* et qu'un écrou *G* maintient à demeure. Cette crémaillère *F* engrène avec une roue dentée *H* placée sur un tourillon *J* et entraîne celui ci dans son mouvement rotatoire. Un coin en fourche *K* embrasse le tourillon *J*. Une bague *L*, dont une face est en plan perpendiculaire, tandis que l'autre, en plan incliné suivant l'inclinaison du coin *K*, est intercalée entre le retrait du tourillon *J* et le coin *K*. Le coin *K* est suspendu par un écrou sur une tige filetée à droite *N*, vissée

dans un écrou *O* maintenu dans un étrier soutenu lui-même dans le tube *A* par des vis vissées du dehors dans ses deux bouts. Immédiatement au-dessus de la partie filetée de la tige *N* est ménagée une embase *Q*, munie de dents qui viennent, par vissage, buter contre d'autres dents venant de l'étrier même. La partie de la tige *N*, qui surmonte l'embase *Q*, est de section carrée et glisse à frottement doux dans la coulisse *E*. Le tampon *G* se termine par une vis *S* se vissant dans un étrier *R*, que l'on peut prolonger en y vissant une certaine longueur de tubes ou de tiges. On donne à la vis *S* et à l'étrier *R* une longueur aussi grande que possible. La crémaillère *F* est dirigée dans le tube *A* par les anneaux *T V* qui en garnissent les bouts et qui glissent à frottement doux dans le tube *A*.

Cet instrument se descend sur les tiges ordinaires de forage que l'on visse énergiquement l'une sur l'autre, après avoir préalablement vissé sous l'appareil une longueur de tiges suffisante pour que le bout de ces tiges, posant sur le fond, l'appareil se trouve à la hauteur désirée. L'appareil étant donc posé sur le fond, on attache les tiges de soutien au balancier, mais de telle façon que la crémaillère soit dans une position correspondante à la position du balancier. On imprime un mouvement de va-et-vient à la crémaillère, mouvement qui se transforme à la roue d'engrenage et au foret en un mouvement circulaire alternatif. On fait avancer le foret vers la tôle du tube à perforer en imprimant un mouvement de rotation à gauche à la sonde. La coulisse *E* transmet ce mouvement à la tige *N* qui fait, par vissage, monter le coin *R*. Celui-ci repousse le foret contre la paroi du tube en le forçant à l'entamer; on maintient une légère torsion de la sonde qui se répercute sur le foret en pression d'appui. Suivant la rapidité du mouvement de va-et-vient de la crémaillère et de la force d'appui du foret sur la tôle, le forage d'un trou peut être plus ou moins rapidement fait.

Cet instrument fonctionne comme une véritable forature que l'on manœuvrerait à la surface.

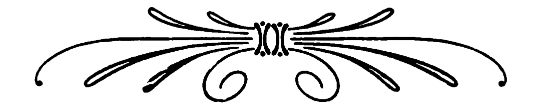
Quand un trou est percé, ce dont on peut se rendre compte aussitôt que les dents de l'embase *P* viennent buter contre les dents de l'étrier *O*, en empêchant la tige *N* d'encore tourner, on fait descendre le coin *K* en faisant tourner la sonde à droite tout en continuant à faire marcher la crémaillère, et le ressort *W* repousse le foret *J* à l'intérieur de l'instrument. On continue à faire tourner la sonde jusqu'au moment où les dents de l'embase *Q* viennent buter sur les dents de l'étrier *O*; l'effort de torsion se transmet alors de la sonde à la vis *S* en forçant celle-ci à se visser dans l'étrier *R* et à entrainer l'appareil *A* dans son mouvement descendant. On provoque, de cette façon, l'abaissement du foret de la hauteur désirée jusqu'à l'endroit où on veut lui faire faire un second trou. On doit avoir soin, pendant qu'on fait descendre l'appareil, de laisser glisser la sonde avec une vitesse égale.

Perce-tubes hydraulique, système Petit. — Quand nous nous servons du système de forage à courant d'eau, nous employons l'instrument figure 1, pl. XXIV pour percer les tubes.

Il se compose d'un tube *A* fermé par les tampons filetés *B C*. Un piston *D*, muni d'une crémaillère *E*, glisse à frottement doux dans le cylindre *F* rapporté dans le tuyau *A*. Ce cylindre *F* est muni d'un bouton *G* dans lequel un foret *H* tourne librement. Le foret *H* porte un pignon *I* qui engrène avec la crémaillère *E* et, par son renflement a, fait joint dans le bouton *G*. Un ressort antagoniste entoure le foret *H*. Un second ressort en spirale *J* repousse le piston *D* vers le haut.

L'appareil est descendu, monté comme le montre la figure, sur une colonne de tubes. Celle-ci est reliée à une pompe foulante simple. A chaque coup de piston de la pompe foulante, le piston *D* de l'appareil est repoussé vers le bas en imprimant un mouvement de rotation au foret *H*. En ouvrant au sol un robinet placé sur la conduite de la pompe à la colonne de tubes de suspension, le ressort *J* repousse le piston *D* qui, de son côté, repousse la colonne liquide qui le surmonte et dont une partie se déverse au sol. Le long du cylindre *F* est ménagé un canal *C* qui conduit l'eau compressée au foret *H*. Comme celui-ci fait joint dans le bouton *G*, il est repoussé sous la pression de l'eau contre la paroi du tube à perforer, tandis que le piston *D* s'abaisse et lui imprime un mouvement de rotation; sous l'effort de poussée de l'eau et sous la rotation qu'il reçoit, il mord d'autant plus dans la tôle que la pression de l'eau est grande. Quand le trou est percé, le foret vient buter par les dents, dont il est muni, sur les dents découpées dans le fond du bouton *G* : on s'en aperçoit au sol par l'élévation de pression indiquée à un manomètre placé sur la pompe foulante, car le piston *D* ne pouvant plus descendre, l'écoulement de l'eau est interrompu.

On peut, par un simple mouvement de foulage d'eau interrompu à intervalles égaux, forer des trous au fond du trou de sonde, aussi rapidement qu'on pourrait le faire à la surface. Le manomètre indique quand un trou est percé et quand on peut changer la position de l'appareil pour en perforer un second.



CHAPITRE III.

Outils de sauvetage.

Les ruptures qui se produisent à la sonde dans un sondage entraînent souvent à de grandes pertes de temps et sont les écueils du sondeur. Ces ruptures sont souvent imprévues et indépendantes de son zèle et de son attention. Quand elles se produisent, il doit se hâter d'y parer autant que sa pratique et son expérience le lui permettent, et, surtout, éviter de faire d'un accident ordinairement peu sérieux, un autre beaucoup plus grave par l'abandon d'outils raccrocheurs dans le trou de sonde ou la dégradation des parois et des tubages.

Un sondeur avisé ne descend jamais dans son sondage un outil raccrocheur qu'il ne pourra facilement retirer; il emploiera toujours des outils qui peuvent facilement se décrocher ou que l'on peut remonter en dévissant l'objet sur lequel il est accroché. Il doit passer souvent en revue toutes les pièces qui composent son matériel, vérifier ses tiges, les faire redresser quand elles sont pliées, mettre de côté celles dont les emmanchements sont trop usés ou trop libres, en connaître exactement la grosseur et la longueur. Aucun outil ne doit être descendu dans un trou de sonde qui n'ait été mesuré et sans que ses dimensions ne soient exactement notées.

Pour les cas difficiles, il est toujours très précieux d'avoir, non seulement des notes des grosseurs, longueurs, des outils de forage ou de ceux qu'on emploie pour en retirer les morceaux brisés, mais des dessins très exacts, de manière qu'on en connaisse exactement la forme et les dimensions.

Un sondeur qui comprend son art, qui a eu souvent des accidents difficiles à réparer, ne trouvera pas ces précautions exagérées ou inutiles. Il saura très bien que, s'il ne connaît pas exactement les mesures des outils à retirer, il ne pourra que difficilement choisir l'outil raccrocheur applicable au retrait de la partie brisée, et que cette ignorance des mesures l'entraînera à plusieurs voyages infructueux, peut-être même à un second accident aggravant le premier, si l'outil raccrocheur ayant pris imparfaitement, vient à lâcher après être remonté d'une certaine hauteur. Lorsqu'une partie de l'objet cassé remonte au sol, l'embarras disparaît, car la partie cassée, retirée, donne la section de la partie qui reste. On descend, en ce cas, un instrument qui, pouvant s'accrocher sur la partie retirée, saisira également la partie restée.

Quand une tige se rompt pendant la perforation, on s'en aperçoit immédiatement, car la sonde, perdant de son poids, la machine accélère son mouvement; on mesure alors, avant tout, ce qui reste de la tige au-dessus du plancher ou du banc de

manœuvre; pour plus de sécurité, on peut même faire une marque sur la tige. Connaissant la longueur du morceau retiré de la tige cassée, il suffit d'ajouter une allonge d'égale longueur à la sonde, pour connaître exactement l'endroit où l'on doit rencontrer l'extrémité de la partie restante dans le trou.

Toutes les substitutions d'outils raccrocheurs doivent se faire en comparant leur longueur respective afin de ne pas chercher l'extrémité de la partie cassée là où elle ne se trouve pas.

Dans un puits tubé du haut en bas, ou dans des terrains non ébouleux, un accident est aussi facile à réparer à 500 mètres qu'à 10. Si l'outil descendu est de dimension convenable et de bonne disposition, il est rare qu'il ne remonte l'outil brisé au premier voyage; quand, au contraire, on descend un instrument défectueux, sans connaître la longueur de la sonde de sauvetage et de la partie brisée à retirer, non seulement il n'effectue pas le retrait, mais il greffe souvent sur le premier accident un second difficilement réparable.

Quand un accident grave se produit dans un sondage, le directeur de ce sondage ne doit pas laisser le soin de le réparer à des ouvriers inexpérimentés ou imprévoyants. Il doit diriger lui-même le travail de sauvetage, surveiller la construction de ses outils raccrocheurs pour être sûr de leur qualité, et ne laisser descendre dans le trou de sonde aucun instrument qu'il n'ait vérifié et dessiné; il doit, autant que possible, procéder au travail d'accrochage des outils de sauvetage lui-même car, les ayant fait construire pour un but connu de lui seul, personne ne pourra, aussi bien que lui, connaître la manière de s'en servir.

Les manœuvres doivent se faire avec lenteur et avec la plus grande prudence. On doit éviter que la sonde, sous la torsion brusque du câble de manœuvre, ne tourne sur elle-même ou, du moins, si c'est un crochet qui est accroché, qu'elle ne tourne dans un sens contraire à l'accrochement, et surtout de poser la sonde trop brusquement sur la fourche de manœuvre. L'ouvrier dévisseur doit dévisser chaque tige avec douceur et ne pas produire de choc quelconque à la sonde pendant ce dévissage; chaque secousse donnée à la sonde peut faire lâcher l'outil raccrocheur et provoquer les plus graves accidents, surtout quand cet outil est un crochet de salut qui aurait pu s'accrocher imparfaitement. Il n'est pas rare de voir un outil brisé remonter accroché sur le rebord, ou même sur la pointe d'un crochet, quand les manœuvres de remonte ont été effectuées avec la plus grande douceur.

Pour la réparation des accidents, la patience la plus inaltérable est de rigueur. Aucun insuccès ne doit rebuter le sondeur; il doit poursuivre le sauvetage de son sondage avec une énergie calme. La réparation d'un accident qui, pendant plusieurs jours, n'aura fait aucun progrès, peut, après une manœuvre heureuse, suivre une marche rapide et se finir en quelques heures. A chaque remonte d'un outil raccrocheur, il doit inspecter celui-ci, vérifier les parties où il a travaillé et lui substituer un autre instrument plus convenable ou modifier le premier.

Il existe un grand nombre d'instruments de sauvetage; il est cependant souvent nécessaire que le sondeur imagine un nouveau dispositif qui lui permette d'accrocher sur l'outil cassé. Pour la construction de nouveaux outils, il doit être au courant du calcul de la résistance des matériaux employés, afin de juger de la force qu'il pourra appliquer sur ces outils. Un bon sondeur doit donc posséder une instruction technique assez élevée et posséder le don de l'observation. Il doit, autant que possible, n'avoir recours à la force brutale qu'après avoir essayé de retirer son outil cassé par la

patience et l'habileté. Ainsi, après avoir accroché son instrument de sauvetage, il ne doit pas immédiatement opérer une traction qui pourrait amener la rupture de sa sonde de manœuvre; il vissera sur l'outil raccrocheur une glissière avec laquelle il frappera, en commençant, à petits coups de bas en haut, pour augmenter la force de volée si l'outil brisé, étant cerné dans le trou de sonde, ne se dégage pas. Dans la plupart des cas, le choc de la glissière est d'une bien plus grande efficacité que la traction lente avec des palans ou des vis de pression, car l'ébranlement produit par le choc descelle plus facilement l'outil engagé.

Le battage à la glissière exige un tour de main que peu d'ouvriers savent bien saisir. Le choc doit être court et vif. Après avoir rendu d'une certaine longueur à la glissière, on lance la machine et, dans une volée rapide, on détend la glissière en rendant aussitôt que le choc se produit. Le choc doit être la résultante de la longueur de volée multipliée par le poids des tiges; si l'on y ajoute une certaine traction, il se produit ordinairement des ruptures de tiges.

Crochets de sauvetage. — Le crochet de sauvetage se compose d'une barre de fer dont le bout inférieur est renforcé et recourbé sur lui-même en fer-à-cheval, dans l'intérieur duquel la tige vient se cacher pour s'appuyer par l'épaulement de son emmanchement sur le rebord ménagé dans l'intérieur du crochet. Le crochet subit des modifications qui dépendent de la forme de l'objet à saisir, du diamètre du trou de sonde et de la force que l'on veut y appliquer; il doit provenir de bon fer, nerveux, et n'avoir aucune soudure autre qu'à l'emmanchement.

Le crochet de sauvetage rend de grands services dans les cas spéciaux où tout autre instrument fermé ne peut saisir. Il ne faut pas, cependant, se dissimuler que cet outil est d'un usage dangereux s'il est mis dans les mains d'ouvriers imprudents; on ne l'emploie que quand on y est absolument forcé.

Crochets pour grands diamètres ou diamètres moyens (fig. 2, pl. XXIV). — Tige solide, fer-à-cheval aussi épais et aussi haut que possible, la pointe du fer-à-cheval *a* doit être fortement relevée, le rebord *b* doit être incliné de manière que l'emmanchement de la tige, une fois assis sur le crochet, ne puisse glisser dehors; les bords inférieurs *c* du fer-à-cheval doivent finir en biseau pour faciliter l'entrée de l'outil brisé; le rebord *e* doit être, pour la même raison, chanfriné.

Ce crochet sert à prendre la tige cassée en dessous de l'épaulement de son emmanchement; on le descend un peu plus bas que l'endroit où l'on est certain de rencontrer l'emmanchement; alors on tâche, en tournant et en relevant doucement la sonde de manœuvre, de saisir la tige en dessous de l'épaulement; on tord un peu fortement la sonde, tout en donnant de petits chocs à la glissière, de façon que l'emmanchement, glissant sur le rebord incliné du crochet, se cache entièrement dans celui-ci. Quand on est certain que la tige cassée est bien accrochée, on enlève doucement la sonde du fond en évitant, pendant la remonte, toutes fausses manœuvres.

Si, pendant la remonte, on sent une résistance anormale, la pointe du crochet ayant pris sous un obstacle quelconque dans le trou de sonde, on laisse descendre légèrement la sonde en tournant prudemment à droite ou à gauche.

Avec un crochet solide, on peut retirer une sonde fortement engagée. Lorsque l'on doit opérer des efforts très grands sur les crochets, il est bon de les renforcer par une branche de fourche (fig. 3, pl. XXIV) si le diamètre du trou de sonde le permet, et si la forme de l'outil brisé ne s'oppose pas à leur accrochement.

Crochet-à-dégager. — Pour ramener au centre du trou de sonde une tige ou

tout autre outil cassé, engagé dans les parois, on emploie le crochet (fig. 4, pl. XXIV), dont le fer-à-cheval est très ouvert, et que l'on cherche à faire passer derrière l'objet à retirer.

Crochet-à-clapet. — Quelquefois, on est amené à prendre une tige par l'extrémité supérieure, surtout quand l'emmanchement se trouve très bas en dessous de la cassure. Si l'on prend la tige cassée en dessous de cet emmanchement, le bout de la tige s'appuie sur la paroi du trou de sonde et bute contre toute aspérité qu'il rencontre. Il s'ensuit, si l'on tire un peu fort, que la tige se replie sur elle-même et rend le retrait de la sonde très difficile. On descend donc un crochet à clapet qui saisit la tige en plein corps et permet de retirer très facilement la partie brisée (fig. 5, pl. XXIV.)

Crochet-à-galet. — Au lieu d'un clapet, on peut encore mettre un galet à griffes au crochet de sauvetage (fig. 6, pl. XXIV). Il a l'avantage de donner une meilleure prise en plein corps de la tige. On saisit celle-ci en tournant, et quand on sent, à la résistance qu'on éprouve, qu'elle est entrée dans le crochet, on appuie un peu sur elle tout en laissant glisser la sonde de manœuvre ; le galet se soulève et livre passage à la tige dans le fond du crochet. Si l'on relève la sonde, le galet, sous son poids, glisse suivant le plan incliné sur lequel il s'appuie et coince la tige dans le fer-à-cheval du crochet.

Crochet pour petits diamètres. — Dans les petits diamètres on est obligé, par suite du manque de place derrière les emmanchements des tiges, de modifier la forme des crochets précédemment décrits. La figure 7, pl. XXIV, montre un crochet fait de fer méplat très large avec le fer-à-cheval très haut. On donne une plus ou moins grande épaisseur au fer, suivant le diamètre du trou de sonde.

Crochet raccrocheur à charnière. — Cet outil sert spécialement à ramener dans la verticale une tige ou tout autre objet, cassé dans un trou excavé. La pointe *A* (fig. 8, pl. XXIV), lorsque le crochet est fermé, se tient dans la circonférence exacte du trou, s'ouvre quand on tourne la sonde, de sorte que, arrivé à l'endroit où le trou est excavé, il peut passer derrière l'objet cassé et le ramener au centre du trou pour le prendre dans le fond du fer-à-cheval *B* ou le laisser saisir par un autre instrument.

Crochet de salut à gauche. — On emploie le crochet à gauche quand on veut dévisser l'objet sur lequel on l'accroche. Le dévissage des tiges de forage avec un crochet demande de grandes précautions, car ordinairement on n'en dévisse que quelques-unes à la fois et, comme le poids en est faible, elles retombent facilement du crochet pour peu que l'on manie la sonde avec rudesse. Pour empêcher l'objet saisi de sortir du crochet, on munit celui-ci d'un ressort plat que l'on rive dans l'intérieur du fer-à-cheval (fig. 9, pl. XXIV).

Cloches de sauvetage. — Pour le retrait des tiges, même des trépans ou maî tresse-tiges cassés, on emploie le plus souvent des cloches à clapets, à galets, à ressorts, même des cloches simples. Elles remplacent avantageusement les crochets de salut en ce qu'elles évitent, comme nous le disions plus haut, que l'extrémité de l'outil cassé ne s'incline dans la paroi, ne se plie sur lui-même ou ne glisse dans une excavation quelconque d'où il est difficile de l'en retirer.

Cloche-à-vis (fig. 10, pl. XXIV). — Consiste en un tronc de cône *A* surmonté d'un mâle d'emmanchement et dont l'intérieur est garni d'un filet triangulaire de 2 à 3 millimètres de pas. On donne quelques traits longitudinaux de lime dans le filet pour former des dents qui aident au vissage. Le fond de la cloche correspond avec un trou transversal *B* qui permet aux détritus, qui pourraient l'encombrer, d'être

chassés par l'extrémité de l'outil cassé qu'on y fait pénétrer. On coiffe l'outil cassé de cette cloche et on la visse fortement dessus. Deux filets creusés dans l'outil cassé suffisent pour relever un poids considérable, et jamais cette cloche ne lâche quand elle est bien vissée. On la fait ordinairement très profonde pour obtenir une plus grande conicité qui permet de faire, sur l'outil cassé, un filet sur une plus grande hauteur. On lui donne ordinairement peu de diamètre, quitte à y ajouter des chapeaux dont on possède au moins un pour chaque diamètre de tubes et dont on la coiffe; un filet extérieur *C* maintient le chapeau, tandis qu'un rebord protège le filet *C* contre toute destruction quand on emploie la cloche sans chapeau. Un ergot vissé à même le chapeau et la cloche les rend solidaires l'un de l'autre.

Cloche-à-galets (fig. 11, pl. XXIV). — Elle se compose d'un cylindre *A* dont l'intérieur est creusé coniquement pour recevoir une bague *B*, dans laquelle trois ou quatre rainures longitudinales sont découpées et dans lesquelles des galets a, a', a'', a''', à queue d'aronde, glissent suivant la conicité de la bague. Un ressort en spirale *C* presse sur les galets et s'appuie sur le tampon fileté *D* qui réunit la cloche à la sonde. Le bout inférieur du cylindre *A* est disposé de façon à permettre le vissage du chapeau *E* d'un diamètre correspondant au diamètre du trou de sonde. Des ergots rendent le tampon *D* et le chapeau *E* solidaires de la bague *A*.

On coiffe l'extrémité de l'outil cassé qui, sous tout le poids de la sonde de manœuvre, pénètre dans la cloche en repoussant les galets qui s'éloignent l'un de l'autre et le saisissent, obéissant à la pression du ressort, aussitôt qu'on relève la cloche.

Il peut arriver que, malgré toutes prévisions, la partie brisée de la sonde soit cernée dans le trou et qu'on ne puisse la retirer avec les faibles tiges employées ordinairement au forage. On est alors obligé de dégager la cloche pour remplacer la sonde par une autre plus solide. Si l'on a eu soin de visser fortement les tiges qui surmontent la cloche, on peut essayer, en tournant à gauche, de dévisser une tige de la partie cassée restant dans le trou; si l'on n'y réussit pas, on tend légèrement la partie cassée, et l'on fait tourner la cloche à droite. Le filet qui garnit les galets creuse son chemin sur le pourtour de la tige, telle une filière filetant une barre de fer et, au fur et à mesure que l'on tourne, la tige sort de la cloche et s'en libère complètement. On doit, évidemment, avoir soin de décaler les galets avant de tourner pour qu'on n'éprouve pas une trop grande résistance au filetage. On peut, pour simplifier les organes de cet instrument, remplacer les galets à griffes par de simples boulets; seulement, si l'on opère une trop grande traction sur la cloche, les boulets laminent la tige qu'ils ont saisie et la lâchent rapidement.

Cloche-à-galets de Fauck (fig. 1, pl. XXV). — Cette cloche se compose d'un cylindre *A* dont l'intérieur est creusé coniquement et dans lequel glissent trois ou quatre griffes a, a', a'', a''', rivées sur des ressorts en lames b, b', b'', b''', suspendus sur une bague *B*. Un ressort en spirale *C* presse sur la bague *B* et trouve appui sur le tampon fileté *D* qui réunit la cloche à la sonde.

Cette cloche convient spécialement pour les petits diamètres, les organes intérieurs prenant très peu de place. Elle présente l'inconvénient très sérieux d'être absolument indécrochable. On ne peut, comme avec la cloche précédemment décrite, faire sortir la tige de la cloche par filetage; car les griffes, ne rencontrant aucune résistance latérale, tournent librement dans la cloche si on imprime à celle-ci un mouvement de rotation.

Cloche-à-galets décrochable, système Petit. — Cet instrument (fig. 2, pl. XXV) est décrochable à volonté. Il se compose, comme la cloche décrite plus haut, d'un

cylindre *A* conique intérieurement, dans lequel une fourche *B*, dont les deux bouts se terminent en griffes, se coince. Cette fourche provient d'un tuyau *C* muni d'une femelle *D* pouvant se raccorder avec le mâle *E* de la tige cylindrique *F*. Le tuyau *C* glisse à frottement doux dans la tête de cloche *G*. Un ressort en spirale enveloppe le tuyau *C* et presse sur la fourche *B*.

Pour l'accrochage, cette cloche fonctionne comme celle décrite plus haut, c'est-à-dire que l'objet brisé, pénétrant dans la cloche, repousse les griffes qui, s'élargissant sous l'effort du ressort des lames sur lesquelles elles sont fixées, lui livrent passage entre elles pour le saisir, sous l'action du ressort, aussitôt qu'on relève la cloche. Si l'on est amené à devoir décrocher l'instrument, il suffit de décaler préalablement les griffes, ensuite de laisser descendre la cloche jusqu'au moment où le mâle de la tige *F* pénètre dans la femelle *D*; en imprimant un mouvement de rotation dans le sens convenable à la sonde, le mâle se visse dans la femelle, la tige *F* entraîne les griffes *B* avec elle et libère entièrement l'objet saisi; la cloche remonte suspendue sur l'embase qui surmonte le mâle de la tige *F*.

Cet instrument peut s'employer pour tous les diamètres, même les plus petits, fonctionne à merveille pour l'accrochage et ne présente jamais le moindre embarras pour le décrochage et le retrait; il forme l'outil le plus précieux pour la reprise des tiges dans un sondage. Avec une seule cloche pour le plus petit diamètre, on peut réparer tous les accidents par rupture de tiges dans tous les diamètres, même les plus grands, en vissant un chapeau de grandeur convenable sous la cloche.

Quand une tige ne veut pas pénétrer dans la cloche parce que, étant pliée, l'extrémité est collée contre la paroi, on arme la cloche d'un chapeau en trompette (fig. 12, pl. XXVI) ou d'un chapeau à crochet (fig. 3, pl. XXV). On fait passer la pointe de la trompette ou du crochet derrière la tige et, en imprimant un mouvement de rotation à la sonde, on ramène la tige cassée au centre du trou de sonde où il est facile, ensuite, de la faire pénétrer dans la cloche.

Cloche-à-galets (fig. 4, pl. XXXVIII). — Quatre galets à griffes *a b c d* glissent dans la cloche *A* sous la pression d'un ressort *e*, et saisissent la tige, qui y pénètre, sous l'effet du serrage qu'ils subissent, en se coinçant dans la partie conique de la cloche. Une plaque *f* supporte les quatre galets à l'aide de vis.

Cloche-à-clapet (fig. 13, pl. XXIV). *Cloche à une branche.* — Un clapet *a* s'appuie sur un retrait *b* et oscille sur un rivet *e* fixé extérieurement dans la queue du clapet et maintenu par aplatissement de ses bouts sur la cloche. Un ressort *d* repousse le clapet dans une position inclinée. La tige, en pénétrant dans la cloche, force le clapet à se redresser; quand on relève la sonde de manœuvre, le clapet, sous l'action du ressort, bute contre la première aspérité rencontrée, emmanchement ou même en plein corps sur la tige.

Pour renforcer la cloche, on la munit souvent de deux branches (fig. 14, pl. XXIV). On y ajoute aussi quelquefois plusieurs clapets pour avoir plus de prise sur l'objet à saisir.

Cloche-à-ressorts. — Quand l'objet à saisir laisse peu de place dans le trou de sonde pour qu'on puisse y passer un instrument à clapet derrière, on se sert d'une cloche dans laquelle des ressorts plats sont rivés (fig. 15, pl. XXIV).

On se sert quelquefois de la tôle même de la cloche pour former les lames. On découpe la tôle suivant trois arêtes et on repousse dans l'intérieur la languette qui fait corps avec la tôle par sa queue (fig. 16, pl. XXIV. On gagne, de la sorte,

en diamètre intérieur de la cloche toute l'épaisseur des lames qu'on aurait rivées à l'intérieur.

Cloche-à-griffes. — Pour reprendre un objet sans extrémité, par laquelle on pourrait le prendre avec tout autre iustrument, on se sert de la cloche (fig. 17, pl. XXIV) ou de la cloche (fig. 18, pl. XXIV). Une série de lames est rivée à la base de la cloche; quand les bouts des lames touchent le fond du trou de sonde, on frappe avec les tiges et la glissière sur la cloche sans, cependant, relever celle-ci et l'on rebrousse les lames sur elles-mêmes en emprisonnant l'objet à saisir.

Cloche ovale. — On se sert encore, pour reprendre les tiges de forage en bois, d'une cloche sans clapet (fig. 19, pl. XXIV). Les dimensions intérieures sont telles qu'une ferrure de tige peut passer par le plat; si l'on fait faire un demi-tour sur elle-même à la cloche, la ferrure de la tige s'appuie sur la partie rétrécie. On a soin de donner une courbure concave aux bordures supérieures de la cloche, de manière que la ferrure s'y appuyant ne puisse tourner sur elle-même et échapper.

Cloche ouverte à clapet. — Cet instrument, en réalité, n'est qu'un crochet de forme spéciale (fig. 20, pl. XXIV), avec lequel on saisit l'objet à retirer par le côté quand on ne peut le saisir directement par l'extrémité supérieure.

Pince-à-vis (fig. 3, pl. XXIV). — Deux branches *A B*, terminées par des griffes à dents, à crochets, à mordaches, etc., oscillent sur un boulon *C* fixé dans une chape *D*. Une vis *E*, terminée par un cône *F*, est vissée dans la chape et provoque le resserrement de la branche *B*. Un ressort *G* maintient les branches ouvertes pendant la descente.

On descend cet instrument sur l'objet à saisir, on fait passer les extrémités des branches de chaque côté et, à l'aide de la vis, on provoque un serrage des griffes sur l'outil cassé que l'on remonte, ensuite, prisonnier.

Pince-à-encliquetage (fig. 4, pl. XXV). — Remplace ordinairement la pince à vis, qui est d'un travail difficile et coûteux, et que l'on ne peut pas toujours fabriquer sur place; la pince-à-encliquetage peut se fabriquer dans une forge quelconque pourvu que l'on ait un bon forgeron.

Elle consiste en une pince *A* réunie à une glissière *B*. Une bague *C* embrasse les deux branches de la fourche *A* et se réunit à deux tringles *D E* par le boulon *F*. Ces deux tringles *D E* viennent s'appliquer sur la partie inférieure de la glissière *B* et y sont maintenues par une cale goupillée *G*, passant au travers des deux branches de la glissière. La longueur des tringles doit être calculée de telle façon que, la bague *C*, s'appuyant sur les deux branches ouvertes de la fourche *A*, les bouts de ces tringles viennent buter sous l'extrémité de la partie supérieure de la glissière, celle-ci entièrement ouverte.

Cet instrument étant descendu sur l'objet à saisir, on en fait passer les griffes derrière celui-ci, puis, en frappant avec la sonde et la partie supérieure de la glissière sur les tringles *D E*, on fait descendre la bague *C* qui force les griffes à le saisir fortement.

Gueule-de-brochet (fig. 5, pl. XXV), — Se compose de deux branches espacées entre elles d'une quantité un peu moindre que l'épaisseur de l'objet que l'on cherche à retirer, et qui s'engage dans cette espèce de fourche armée de dents. L'espace, qui sépare les deux branches de la fourche, doit être tel qu'elles pincent fortement l'objet saisi; mais il faut néanmoins prendre ses précautions pour que le diamètre extérieur de la gueule, l'objet étant pris, ne dépasse pas le diamètre du trou de sonde; car il deviendrait difficile de retirer l'outil raccrocheur lui-même.

Les figures 6 et 7, pl. XXV montrent deux autres formes de gueule-de-brochet. Ces outils s'emploient pour reprendre des objets menus couchés sur le fond du trou de sonde, et qu'on ne peut retirer en les prenant par une extrémité quelconque.

Taraud. — On a parfois à retirer un outil qui prend tout le diamètre du trou de sonde, à tel point qu'il est impossible de passer le moindre outil entre lui et la paroi. On peut, en ce cas, avoir recours au taraud (fig. 8, pl. XXV), avec lequel on perce un trou dans l'extrémité de l'outil cassé; le taraud se visse, dans le trou formé, par le filet dont il est garni et peut, ensuite, retirer facilement l'outil cassé.

Il est indispensable que le taraud et le foret soient d'une seule pièce; le taraud entre naturellement dans le trou percé par la mèche; on évite ainsi un voyage de sonde et tous les tâtonnements que l'on aurait pour faire pénétrer le taraud dans le trou foré si l'opération se faisait avec deux instruments séparés.

Pince articulée (fig. 9, pl. XXV). — Se compose d'une vis *A* munie d'un écrou *B* relié aux branches à griffes *C D* par des tringles *E F*. Les branches *C D* oscillent dans une chape *G* soutenue par la vis *A* à l'aide d'un écrou *H*. Le bout inférieur de la vis *A* peut tourner librement dans la chape *G*. Selon le sens du mouvement imprimé à la vis *A*, les branches *C D* s'ouvrent ou se ferment. On donne aux griffes des branches *C D* la forme la plus propre à saisir l'objet à retirer.

Cet instrument s'emploie surtout pour retirer les objets sans extrémité par laquelle on pourrait les saisir avec tout autre outil.

Tige-à-étrier (fig. 10, pl. XXV). — Un étrier *A* embrassant étroitement une tige *B* oscille sur celle-ci dans un encastrement ménagé à même la tige. L'objet à retirer du trou de sonde, ordinairement une tige ou une corde, pénètre dans l'étrier et en reste prisonnier; plus la traction est forte, plus l'étrier se serre sur l'objet saisi. Poür coiffer plus facilement l'outil cassé, on munit souvent le bout de la tige d'une cloche (fig. 11, pl. XXV).

La tige-à-étrier, modifiée par nous, comme le montre la figure 12, pl. XXV, sert également à couper les cordes dans un trou de sonde. L'étrier est appliqué sur le rebord tranchant de la tige par un ou deux ressorts à boudin.

Pince-à-coin (fig. 17, pl. XXV). Dans une chape *A* oscillent deux griffes *B C*. Une tige *D* terminée par un coin *E* force, par traction, les griffes à se resserrer sur l'objet saisi. Pour décrocher l'instrument, il suffit de visser le renflement fileté *F* de la tige *D* dans la douille *G* de la chape *A*; le coin *E* ne pressant plus sur les griffes, celles-ci abandonnent l'objet saisi.

Outils pour retirer les cuillères manœuvrées à la corde.

Crochet. — Il arrive souvent que, par suite d'un coinçage de la cuillère dans le trou de sonde et de la traction que l'on fait sur la corde pour dégager l'outil engagé, il se produit une rupture de celle-ci.

Quand une rupture se produit à la corde, avant tout, il faut faire une marque sur celle-ci au ras du plancher et mesurer exactement la partie retirée; on connaît, de la sorte, la profondeur où eut lieu la rupture, et l'on ne doit pas tâtonner pour trouver l'extrémité du câble brisé. On doit ajouter à cette profondeur la longueur d'affaissement du câble sur lui-même, qui est d'autant plus grand que le diamètre du

trou est plus large; cette longueur d'affaissement peut être, dans un diamètre de 4″, de 5 à 6 mètres, tandis que, dans un diamètre de 12″, elle peut être de 25 à 30 mètres. Quand on connaît donc à peu près la profondeur à laquelle on doit rencontrer l'extrémité du câble cassé, on descend un crochet (fig. 13, pl. XXV) muni d'une plaque assujettie sur la tige par un écrou, à un mètre environ au-dessus du crochet, quand le diamètre du trou de sonde est grand et 0^m50 quand il est petit. La plaque doit être d'un diamètre de 0^m02 à 0^m03 plus petit que celui du trou de sonde; elle empêche que le crochet ne pénètre trop avant dans les boucles formées par la corde et qu'il ne prenne de celle-ci trop à la fois.

Quand on juge que le crochet est engagé dans les premières boucles de la corde, on fait tourner la sonde légèrement, tout en remontant lentement; la corde s'engage infailliblement dans le crochet et s'y engage d'autant plus que l'outil engagé présente de résistance.

Dans les grands diamètres, on emploie le harpon (fig. 14, pl. XXV) avec deux crochets diamétralement opposés; il permet de saisir plus facilement une boucle quelconque de la corde.

On doit éviter de descendre un crochet trop bas, même avec la plaque de garantie, pour ne pas tasser la corde sur elle-même; car il serait difficile, ensuite, de faire pénétrer un outil quelconque entre les boucles fortement pressées de la corde. Ce danger est d'autant plus grave que le diamètre du trou de sonde est petit; car la corde arrive à ne plus faire qu'un massif compact de fer dans lequel il est difficile d'avoir prise.

Tire-bourre. — Si, par l'imprévoyance des ouvriers, la corde s'est tellement tassée sur elle-même qu'on ne puisse la saisir avec un harpon, on emploie le tire-bourre (fig. 15, pl. XXV). C'est une simple barre de fer ronde, d'un diamètre convenable, dont l'extrémité inférieure est effilée et tournée sur elle-même en hélice. Cet instrument est descendu sur le massif de la corde et on l'y fait pénétrer par rotation.

On doit éviter de prendre trop de corde à la fois; car, alors, on ne pourrait retirer l'outil raccrocheur et encore moins la corde cassée.

Tire-bourre fileté. — Dans les petits diamètres, si la corde est tellement tassée qu'on ne puisse la saisir avec un harpon, le tire-bourre décrit plus haut ne veut même pas pénétrer dans les boucles de la corde. On a, alors, recours à un tire-bourre fileté (fig. 16, pl. XXV). C'est une barre de fer ronde qu'on aplatit sur une certaine longueur, une largeur de 0^m04 à 0^m05 et une épaisseur de 5 millimètres, et qu'on tourne hélycoïdalement sur elle-même, de façon à obtenir une vis à très grand pas. On le fait pénétrer, par rotation, dans le massif de la corde, et l'enroulement de celle-ci autour de la tige est toujours suffisant pour retirer l'outil engagé.

On peut encore employer le tire-bourre (fig. 1, pl. XXVI), qui a seulement le désavantage de nécessiter un tournage soigneux et de coûter plus cher que le précédent.

Harpon en lame. — Si on saisit la corde trop bas avec un harpon sans plaque de sûreté celui-ci, en remontant, ramasse la corde sur elle-même, jusqu'au moment où il se produit un tel bourrage qu'il est impossible de retirer l'outil raccrocheur; plus on tire sur la sonde, plus le serrage de la corde dans le trou devient énergique. On comprend quelle gravité prend alors un tel accident. Si le coinçage a lieu dans une colonne de tubes, ordinairement, celle-ci s'arrache du terrain si la traction qu'on

fait sur l'outil raccrocheur dépasse une certaine limite. Par suite du retrait de la colonne, l'outil engagé au fond est recouvert par les éboulements qui tombent immédiatement des parois et les difficultés de retrait de l'outil engagé sont centuplées, car il est rare que la corde ne soit elle-même engagée dans les éboulements. Si, au contraire, le coinçage a lieu dans le terrain, si l'on tire trop énergiquement sur la sonde, il se produit des ruptures de celle-ci sans, pour cela, arriver à retirer l'outil raccrocheur qui s'engage d'autant plus que la traction qu'il subit est considérable.

Au lieu de s'exposer à tous ces accidents, on doit descendre, à côté de la sonde engagée, une seconde sonde armée d'une lame garnie de dents acérées (fig. 2, pl. XXIV). On cherche à enfoncer cette lame dans les premières boucles de la corde et en saisir l'extrémité. On déroule toute la partie de la corde qui surmonte le harpon engagé, et l'on retire ensuite les deux sondes simultanément avec la corde et la cuillère. On peut encore employer un des tire-bourre (fig. 16, pl. XXV, et fig. 1, pl. XXVI) quand le diamètre du trou est très faible. Si l'on possède une pince à vis ou à encliquetage, et que le diamètre du trou de sonde le permet, on peut encore les employer, pour saisir la corde par les premières boucles, en cas de bourrage de celle-ci.

Cloche-à-couteaux. — Lorsque, en soupapant à la corde, la cuillère se trouve engagée dans le terrain, ce qui arrive assez fréquemment, la corde n'étant pas ordinairement assez efficace pour la dégager, il est prudent de couper la corde à son extrémité inférieure, aussi près que possible de l'anneau-tournant qui la joint à la cuillère, au moyen d'une cloche-à-couteaux (fig. 3, pl. XXVI).

Cet instrument se compose d'une fourche *A B* reliée par deux plaques rapportées à rivets *C D*. Deux clapets tranchants *E F* oscillent sur des boulons passant au travers des branches *A B*. Deux ressorts en lames *G H* appliquent les clapets sur le rebord supérieur des plaques *C D*.

La corde est passée, au sol, dans la cloche et on la tient lâche pendant la descente de l'instrument coupeur; lorsque l'on soulève la sonde, après chaque vissage de tige, pour retirer la griffe de retenue, il faut que ce soit d'une hauteur inappréciable, car, autrement, les couteaux couperaient la corde plutôt qu'il ne faudrait. Lorsque l'instrument est descendu jusque sur la tête de la cuillère coincée, on remonte la sonde sans autre manœuvre : la corde se coupe et on la retire, ensuite, sans résistance. On remonte l'instrument coupeur, on descend ensuite une cloche-à-clapet solide avec laquelle on saisit la cuillère par son extrémité supérieure.

On peut encore employer la cloche-à-clapet avec ouverture sur le côté en zigzag (fig. 4, pl. XXVI). La corde s'introduit dans la cloche par l'ouverture latérale et, comme celle-ci est sinueuse, la corde n'en peut plus sortir tant qu'on la tient bien tendue.

La hauteur des pitons rivés sur les couteaux, et qui limite la relevée de ceux-ci, doit être calculée de telle façon, que les couteaux ne puissent saisir sur l'anneau-tournant de la cuillère et engager l'instrument coupeur. De plus, la cloche doit être agencée de telle façon que les couteaux puissent saisir la corde à couper au ras de l'anneau-tournant de la cuillère, afin qu'il n'en reste pas un bout qui pourrait empêcher l'anneau-tournant de pénétrer dans les instruments raccrocheurs qu'on lui présenterait.

Il faut aussi avoir grand soin d'éviter que, pendant la descente de l'instrument coupeur, la sonde tourne sur elle-même, car elle s'enroulerait à l'entour de la corde, et il arriverait un temps où le frottement de la corde sur la sonde serait tellement grand que l'on ne pourrait plus, ni faire monter, ni faire descendre celle-ci. La corde

une fois bien enroulée à l'entour de la sonde, plus on tirerait sur celle-ci, plus la corde se serrerait sur elle et l'on aurait une sérieuse complication de l'accident ; il ne resterait plus d'autre alternative que de casser la corde par une traction énergique où de la couper à la profondeur où l'instrument coupeur se trouve. La sonde par sa flexibilité, surtout quand elle est longue, a déjà assez de tendance à s'enrouler, soit dans un sens, soit dans l'autre, à l'entour de la corde, même quand on la tient bien dans un même plan, à la surface; il faut donc réduire, autant que possible, le danger au minimum.

Crochet à cuillère. — Il arrive souvent que, par suite des efforts de traction que l'on fait sur une cuillère pour la dégager du terrain, l'emmanchement qui la surmonte vient à casser au ras de la fourche. On peut continuer, en ce cas, les efforts en saisissant la cuillère avec un crochet à talon (fig. 5, pl. XXVI), que l'on fait passer par le plat dans l'intérieur du tuyau, entre la fourche, et qui saisit celle-ci en lui faisant faire un quart de tour et en remontant.

Des tiges de sauvetage.

Ces tiges ayant souvent à supporter d'énormes efforts de traction ou de torsion doivent provenir de fer de toute première qualité et d'une seule pièce pour toute leur longueur : on n'y soude que les emmanchements. La section du fer est carrée ou ronde, comme on veut.

Les emmanchements sont ordinairement coniques à bouts portants. Pour bien faire, il faut que le tenon soit cerné énergiquement dans la douille, celle-ci portant sur l'embase du mâle.

Afin que les emmanchements se raccordent bien, on emploie toujours les tiges par numéro d'ordre. Dans ce but, on grave, en chiffres bien visibles, sur la douille un numéro correspondant au rang de la tige.

La figure 1, pl. XXVII, montre un modèle de tige de sauvetage.

Pour la manœuvre, on visse sur la tête des tiges une tête de sonde (fig. 2, pl. XXVII), que l'on saisit à l'aide d'un anneau-tournant (fig. 3, pl. XXVII). Pour maintenir les tiges à n'importe quelle hauteur, on les saisit à l'aide d'un serre-tige à cales (fig. 4, pl. XXVII).

Quand on veut opérer une torsion très grande, il est préférable, d'employer des tiges venant de tuyaux de forte épaisseur.

On les raccorde par des emmanchements coniques rapportés, ou encore par de simples manchons filetés. En tous cas, il est bon que les bouts des emmanchements portent l'un sur l'autre, car autrement, sous l'effort de torsion, les manchons pourraient éclater.

Si le diamètre du trou de sonde le permet, il est préférable, que le travail doive se faire par traction ou par torsion, d'employer des tiges venant de tubes en acier fermés aux deux bouts hermétiquement. L'acier présente une plus grande résistance à la traction et à la torsion. Pour ce dernier mode de travail, les tiges en tubes, par leur diamètre plus grand, peuvent donner toute la force voulue et toute la sécurité nécessaire; suivant le diamètre du trou de sonde, on donne aux tiges un diamètre aussi grand que possible. Etant hermétiquement closes, elles déplacent un volume considérable de liquide qui peut, si pas en entier, du moins en partie, contrebalancer tout leur poids; les manœuvres sont, par conséquent, beaucoup plus faciles.

Les tiges de sauvetage, avant leur emploi, doivent subir une épreuve de traction et de torsion à une tension supérieure à celle que l'on pourra jamais appliquer dans le travail courant. Toute tige qui présenterait quelque défectuosité, ou dont l'allongement par la traction serait trop grand, doit être immédiatement rejetée.

Si l'on veut conserver toutes les qualités d'un bon jeu de tiges de sauvetage, il est bon de ne jamais dépasser une certaine limite d'élasticité du métal. Si les tiges ne peuvent supporter l'effort, que l'on est obligé de faire pour dégager l'objet engagé, il est préférable de les remplacer par d'autres plus solides plutôt que de les fatiguer jusqu'à leur limite de résistance.

La figure 5, pl. XXVII, montre la forme que l'on donne aux clefs de serrage des écrous ronds des vis de pression.



CHAPITRE IV

Des accidents de sondage.

Rupture de trépan. — Dans les grands diamètres, si une rupture de trépan vient à se produire, on s'en aperçoit immédiatement à la chute à vide de la sonde, car le trépan aussitôt brisé s'incline sur la paroi, tandis que, dans les petits diamètres, le trépan, quoique cassé, reste toujours dans l'axe du trou de sonde et la maîtresse-tige continue à frapper comme si elle frappait sur le fond. Dans les terrains tendres, si l'on est un peu observateur, on se rend compte, immédiatement, que quelque chose d'anormal s'est passé au fond du trou, car l'avancement, qui se poursuivait normalement, cesse brusquement; on s'aperçoit donc, au bout de quelques minutes, qu'une rupture s'est produite et qu'il y a lieu de s'en rendre compte, c'est-à-dire de remonter la sonde pour l'examiner. Si l'espace de temps qui s'est écoulé entre la rupture du trépan et l'arrêt du battage n'a pas été long, tout se réduit à un léger refoulement de l'extrémité inférieure de la maitresse-tige. Si, au contraire, on a continué à battre pendant très longtemps les extrémités du trépan et de la maîtresse-tige, frappant l'une sur l'autre, se refoulent bientôt au diamètre du trou de sonde même: il peut même arriver que ce refoulement surpasse en diamètre celui du trou de sonde, les bavures qui se produisent excavant les parois au fur et à mesure que le refoulement s'accentue, et qu'on ne puisse, ensuite, plus retirer la maîtresse-tige qui vient, par son extrémité refoulée, se coincer dans la partie plus étroite du trou.

Une foule de complications peuvent venir entraver le travail de retrait d'un trépan brisé : des éboulements, l'ensevelissement par les sables, le resserrement du trou au-dessus du fond, la présence d'un corps étranger, le repos du trépan à plat ou fortement incliné dans le trou, le refoulement de son extrémité, son coinçage dans les parois, le refoulement de son tranchant, etc. La méthode de retrait change donc avec chaque cas, et l'on voit rarement deux accidents qui se présentent exactement dans les mêmes conditions. Nous aurons donc à examiner chaque accident individuellement et la manière de le réparer.

Trépan brisé au tenon dans un grand diamètre. — Cet accident, par suite de la dimension importante du trou, est souvent peu grave et se répare facilement, surtout s'il ne se produit pas d'éboulements. Comme on donne, ordinairement, une longueur à la lame du trépan un tiers de plus que le diamètre du trou, en admettant que le trépan casse au ras de cette lame, celle-ci se maintient encore dans une position assez verticale; quand la rupture a lieu au tenon, le trépan, ayant une longueur

double au moins du diamètre du trou, se maintient, appuyé par son extrémité supérieure, dans une position se rapprochant beaucoup de la verticale : on n'a donc pas grande difficulté pour le saisir.

Pour s'assurer si le trépan est bien libre et n'est pas gèné par la présence d'éboulements ou de sables déposés sur les cornières, on descend un crochet à dégager (fig. 4, pl. XXIV) que l'on fait passer derrière le fût du trépan et avec lequel on le change de place. Quand on juge que le trépan est bien libre, on descend, soit une cloche-à-ressorts, à clapets, que l'on munit d'un doigt chercheur (fig. 6, pl. XXVI), avec lequel on amène l'extrémité du trépan dans l'axe du trou où on peut le coiffer facilement avec la cloche.

On peut encore se servir d'une pince-à-vis ou à encliquetage, dont on fait passer l'extrémité d'une des branches derrière la tige du trépan et que l'on serre ensuite énergiquement sur celui-ci. Une cloche-à-vis peut rendre de grands services pour la reprise d'un trépan qui, maintenu latéralement par les boues ou un peu d'éboulement, conserve une position verticale.

Les cloches-à-ressorts et à clapets s'emploient seulement quand on est certain que le trépan est bien libre dans le trou et que son retrait se fera sous une faible traction. On comprend que, si l'on accroche sur un trépan fortement cerné, il sera difficile de décrocher une cloche-à-ressorts ou à clapets ; le moins qui peut arriver, en un tel cas, c'est de laisser des ressorts ou des clapets à côté du trépan, objets qui ne peuvent qu'entraver le travail de sauvetage, tandis qu'avec une pince-à-vis, on peut toujours se déprendre et ne pas compliquer l'accident : son emploi est donc tout indiqué.

Il arrive très souvent qu'immédiatement après la rupture du trépan, les matières en suspens au sein des eaux retombent à fond en recouvrant le trépan, en le cimentant, pour ainsi dire, dans le trou de sonde. En ce dernier cas, tous les efforts que l'on pourrait faire pour le retirer seraient inutiles. On doit premièrement enlever à la cuillère les boues qui recouvrent immédiatement l'extrémité du trépan, même les boues liquides ; ensuite, avec une lame à dégager (fig. 7 et 9, pl. XXVI), on délaie les matériaux accumulés entre la lame du trépan et la paroi du trou de sonde. De temps en temps, on procède à un enlèvement des boues à l'aide d'une cuillère d'assez faible diamètre pour qu'elle puisse gagner le fond à côté du trépan. Cela fait, on emploie une lame munie d'une main-à-dégager (fig. 8, pl. XXVI), que l'on fait passer derrière une des cornières du trépan et avec laquelle on lui donne un jeu qui le libère complètement ; le retrait du trépan brisé se fait ensuite très facilement à l'aide des outils raccrocheurs indiqués plus haut.

S'il se produit des éboulements sur le trépan en trop grande abondance pour qu'on puisse songer à les vaincre, on descend une colonne de tubes de diamètre convenable et que l'on soutient suspendue à peu de distance de l'extrémité supérieure du trépan. On procède ensuite à l'enlèvement des éboulements en les broyant, soit avec la lame-à-dégager, soit avec un trépan de faible diamètre. On dégage les cornières à la manière décrite plus haut avant de saisir le trépan avec un instrument raccrocheur. On remonte le trépan jusqu'au pied du tube où il se coince, étant de diamètre plus grand que celui de la colonne. Il suffit ensuite de remonter la sonde, retenant le trépan prisonnier, simultanément avec la colonne de tubes.

Quand on n'a pas sous la main des instruments spéciaux tels, que pince-à-vis, pince-à-encliquetage, cloche-à-ressorts ou à-clapets, etc., on peut encore employer avec succès un simple crochet avec lequel on saisit le trépan en dessous de l'embase

de son tenon. Il est évident que l'on doit remonter le trépan avec douceur pour qu'il ne retombe pas; mais, avec de la patience, on y arrive encore assez facilement.

L'accrochage du trépan avec un crochet demande un certain tour de main : on descend le crochet au niveau de l'embase du tenon du trépan, on tourne la sonde à droite, à gauche s'il est dans ce sens, et l'on saisit le trépan par sa tige; on tord fortement la sonde et on la fait jouer de haut en bas et de bas en haut. Par ce mouvement de torsion et de balançage, le crochet insensiblement passe derrière le fût du trépan qui s'y cache entièrement; en soulevant la sonde, le crochet vient buter sous l'embase du tenon; alors, en frappant à petits coups de bas en haut, on dégage le trépan et on le remonte lentement au sol.

Trépan cassé à la lame dans un grand diamètre. — Ceci est l'écueil de beaucoup de sondeurs qui, n'ayant ni la patience, ni la volonté, pour travailler avec prudence et intelligence, se rebutent facilement et ont recours à des moyens extravagants pour activer le retrait de l'outil cassé. Quand un trépan se casse à la lame, si celle-ci n'est pas d'une hauteur supérieure au diamètre du trou, immanquablement elle se couche à plat sur le fond; on comprend combien il est difficile de saisir un tel objet dans une position si peu favorable à un accrochage avec n'importe quel outil; aussi arrive-t-il bien souvent que le sondeur croit mieux faire de chercher à broyer cette lame d'acier trempé avec un autre trépan. Il est inutile de dire que ses efforts sont inutiles et que le trépan remonte souvent au sol, intact, après de longs jours de battage, en employant d'autres moyens plus intelligents.

Quand une lame de trépan cassée est couchée sur le fond, on doit premièrement jeter quelques boules de terre glaise sur elle et ensuite, à l'aide d'un crochet plat (fig. 9, pl. XXVI), chercher à redresser la lame, en le faisant passer entre celle-ci et le fond du trou et en le relevant doucement; quand on sent que la lame est rapprochée un peu de la verticale, on jette, de nouveau, quelques boules de terre glaise dans le trou de sonde dont quelques-unes, au moins, vont se poser derrière la lame et la maintenir dans la position acquise; par quelques manœuvres de reprise et de relève, on parvient à dresser la lame sur le fond, soutenue des deux côtés par la glaise. On cherche ensuite à la reprendre à l'aide d'une pince ou d'une gueule-de-brochet, ou encore d'une fourche-à-clapets (fig. 10, pl. XXVI). Il est bon de mettre un guidonnage (fig. 11, pl. XXVI) au-dessus de l'instrument raccrocheur de façon que celui-ci saisisse la lame juste en son milieu. On comprend que si l'on saisissait la lame cassée près d'une des cornières, le poids l'entraînant, elle tendrait à osciller sur l'outil raccrocheur et à se coincer dans le trou de sonde, sous la traction que l'on opérerait pour la remonter.

Trépan cassé à la lame dans un petit diamètre. — Dans un petit diamètre, si le trépan casse à la lame, celle-ci est maintenue dans une position verticale par les parois du trou. Si rien ne gêne donc : sables ou éboulements volumineux, on peut facilement la retirer avec une pince, si le diamètre du trou le permet, ou avec un tuyau fendu longitudinalement (fig. 12, pl. XXVI) et dans lequel on la fait entrer de force.

Trépan cassé fortement incliné dans les parois. — Après avoir, à l'aide d'un crochet à dégager, rendu le trépan libre dans le trou, on se sert de la cloche ouverte (fig. 13, pl. XXVI) qui saisit le trépan par le côté et le ramène dans la verticale; le clapet, dont la cloche est garnie, saisit en dessous d'une aspérité quelconque et permet de remonter facilement le trépan cassé à la surface.

Trépan cassé pris dans les sables. — Il arrive parfois qu'immédiatement, en dessous d'une couche de sables mouvants très importante, on rencontre une couche de terrains compacts, durs, fortement inclinés, sur laquelle les trépans se cassent facilement si l'on n'a pas soin d'en réduire le choc sur le fond. La rupture d'un trépan dans une couche de sables mouvants est souvent un des accidents les plus difficiles à réparer et qui demande une patience à toute épreuve, car les sables qui encombrent le trou sont remplacés immédiatement par d'autres au fur et à mesure qu'on les enlève.

Le meilleur moyen à employer en un tel cas est de chercher à coiffer le trépan par une colonne de garantie que l'on pousse, tout en enlevant les sables à l'intérieur avec une cuillère, aussi près que possible du fond. Si l'on y réussit, on cherche à dégager le trépan des sables qui le recouvrent en battant avec une lame tout à l'entour et en enlevant les sables avec une cuillère munie, à la partie inférieure, d'une trompe demi-cylindrique (fig. 14, pl. XXVI) d'une courbure correspondant à celle de la paroi du trou de sonde. Cette trompe se fait d'un bout de tuyau que l'on aplatit en demi-cylindre en laissant un intervalle d'un centimètre entre les deux parois et dont on arme la cuillère. On fait passer cette trompe entre le trépan et la paroi du trou et, en imprimant un mouvement rapide de va-et-vient de 0m10 environ de relevée, on ramasse les sables. Quand le trépan est dégagé, on cherche à le retirer avec un des instruments décrits plus haut.

Il peut arriver que le trépan s'incline dans une excavation qui se produit aussitôt que les sables commencent à se mouvoir. On doit, alors, descendre la colonne de garantie aussi près que possible de la tête du trépan, ensuite enlever les sables qui le recouvrent. Cela fait, on cherche à coiffer le trépan, à l'aide d'une cloche munie d'un doigt chercheur et sans rien qui puisse accrocher sur le trépan; quand le trépan est coiffé, on descend la colonne jusque sur le fond, si c'est possible, en emprisonnant le trépan. On peut même fendre le tube inférieur de la colonne sur une hauteur convenable avant de le descendre; cela permet au trépan de pénétrer tout entier dans la colonne sous le poids de celle-ci. Le trépan étant une fois à l'intérieur de la colonne, on peut en opérer le retrait très facilement par les moyens ordinaires.

Tranchant d'un trépan refoulé. — Il suffit, pour retirer un trépan ayant son tranchant refoulé par le battage sur une roche dure et par suite d'une trempe trop faible, d'accrocher la sonde au balancier de manière que le trépan ne frappe pas sur le fond pendant le mouvement de va-et-vient qu'on lui imprime et qui provoque l'usure des cornières refoulées. On fait jouer le trépan aussi longtemps que cette usure ne lui permet pas de repasser dans les parties plus étroites du trou de sonde. Pendant tout le temps de battage, on relève la sonde insensiblement, de manière que les cornières du trépan viennent, à chaque relevée, se coincer légèrement dans la partie plus étroite du trou; cela pour en hâter l'usure.

Rupture de la maîtresse-tige. — Pour la reprise d'une maîtresse-tige cassée, on emploie exactement les mêmes moyens que pour le trépan. Le sauvetage est seulement, bien souvent, rendu plus difficile par suite de la longueur de la maîtresse-tige, car, pendant le travail de sauvetage, le trépan peut s'être, entretemps, cerné dans les particules en suspens au sein des eaux et qui sont retombées à fond; le sauvetage se complique donc, car on ne peut songer à retirer la maîtresse-tige avant d'avoir dégagé le trépan.

On doit travailler à la lame sur toute la hauteur de la partie cassée de la maîtresse-tige et du trépan jusqu'à ce qu'on atteigne le fond, avant de pouvoir retirer le

tout. Dans les terrains ébouleux, pressants, le travail à la lame est bien souvent rendu impossible, car l'ouverture que l'on fait se referme aussitôt. Il est plus facile, en ce cas, pour dégager la maîtresse-tige et le trépan, de forer, avec un trépan de faible diamètre, un second trou à côté de l'outil cassé et que l'on poursuit jusqu'un peu en dessous de celui-ci. On donne, ensuite, un coup de lame à talon derrière les cornières du trépan avant d'en tenter le retrait.

Cette dernière méthode est, souvent, la meilleure, car la présence d'un trou cylindrique, à côté de la maîtresse-tige, permet de curer et de dégager l'outil cassé des boues et des détritus qui le cernent, beaucoup mieux qu'on ne pourrait le faire avec une lame.

Quand on emploie le système de forage à courant d'eau, tous les outils qu servent à dégager le trépan ou la maîtresse-tige sont construits de manière qu'un courant d'eau sorte par l'extrémité de l'outil dégageur et enlève la boue et les détritus au fur et à mesure qu'on avance vers le fond. Le sauvetage, de la sorte, se fait beaucoup plus rapidement et est grandement simplifié.

Rupture de la glissière. — Quand le diamètre du trou de sonde est grand, on emploie une cloche à clapets avec laquelle on saisit l'outil percuteur en dessous de l'embase du raccord de la maîtresse-tige et que l'on remonte ensuite facilement. Dans les petits diamètres où la sonde a, ordinairement, peu de jeu, on ne peut souvent employer qu'une cloche à ressorts venant de la cloche même (fig. 16, pl. XXIV), et qui prend peu de place.

Il arrive que, par suite d'une trop grande usure des parties frappantes de la glissière, une de celles-ci s'ouvre et que les deux parties de la glissière passent au travers l'une de l'autre. En ce cas, pour retirer l'outil percuteur, on peut employer, en dehors d'une cloche à ressorts, la gueule-de-brochet à deux dents (fig. 7, pl. XXV), que l'on fait passer entre les branches de la partie inférieure de la glissière, et qui saisit celle-ci en dessous de la partie centrale frappante. On peut même remplacer les dents de la gueule-de-brochet par des clapets, quand on ne dispose pas d'assez de place à l'entour de la glissière.

En prévision d'une rupture de la glissière et de sa reprise facile, il est bon de l'employer d'un diamètre sensiblement plus faible que celui du trou de sonde. Un pouce de jeu n'est pas trop.

Rupture de tiges en fer. — Une rupture de tiges dans un trou de sonde tubé entièrement, ou dans des terrains non ébouleux, est un accident très simple à réparer à l'aide d'un crochet de salut ou d'une cloche à clapet ou à galets. Quand, au contraire, la rupture se produit dans un terrain ébouleux, l'extrémité de la tige immanquablement s'incline dans les parties excavées des parois et s'y cache entièrement. On ne peut songer à reprendre la sonde avec une cloche simple ; un crochet à clapet peut donner de bons résultats, mais le meilleur moyen, c'est de se servir d'une cloche fermée terminée par une queue d'une longueur de plusieurs mètres, dont l'extrémité est façonnée en crochet-à-dégager (fig. 15, pl. XXVI). On descend la cloche à quelques centimètres au-dessus de l'extrémité de la tige cassée ; à l'aide du crochet rameneur, en imprimant un léger mouvement de rotation à la sonde, on retire la tige des parois et on l'amène dans l'axe de la cloche avec laquelle on la coiffe.

Si l'on prend la tige cassée avec un crochet trop bas en dessous de son extrémité supérieure, sous la traction que l'on opère, la tige bute dans les parois, se replie sur elle-même et forme une boucle. On comprend que, si l'on continue à tirer,

ou bien la tige se repliera au diamètre du trou et se créera un passage, ou bien elle continuera à se rebrousser sur elle-même jusqu'à former un entrelacement inextricable qui s'opposera au retrait de la sonde.

Quand on sent une trop grande résistance et qu'on juge la tige repliée en boucles, on doit tâcher de décrocher le crochet et de le remonter ou bien de chercher à saisir la boucle supérieure que fait la tige; si le crochet s'accroche à la boucle supérieure, sous la traction, la tige tend à se redresser et à se créer un passage; on ne peut cependant se dissimuler que, si la tige forme plusieurs boucles barrant le trou, il sera difficile de retirer le crochet et encore plus d'accrocher sur une boucle quelconque. On peut donc d'un accident très simple en faire un très grave.

Si, dans un cas pareil, on ne peut décrocher le crochet, il faut descendre une seconde sonde de manœuvre à côté de la première et tâcher de saisir la boucle supérieure de la tige rebroussée, avec un crochet au fer-à-cheval très court, et de remonter le tout, d'un seul coup, suspendu sur la seconde sonde de manœuvre.

Pour éviter de tels accidents, il suffit de n'employer que des cloches fermées qui prennent la tige cassée par son extrémité supérieure et jamais, ou seulement dans certains cas, tout-à-fait spéciaux, des cloches à une branche ou des crochets de salut.

L'emploi de cloches à une seule branche, non fermées, présente du danger, même pour la reprise d'une tige cassée dans un trou de sonde entièrement tubé. Si le trépan est cerné dans le fond du trou, ce qui peut arriver pendant le temps que l'on remonte la partie supérieure de la sonde cassée et que l'on descend l'outil raccrocheur, si l'on accroche avec une cloche à simple branche, par les efforts de traction que l'on fait pour dégager le trépan, une des tiges qui surmonte la cloche peut casser et laisser filer la sonde de raccrochage d'une hauteur plus ou moins grande et qui va s'écraser dans le fond. Ce danger disparaît quand on emploie la cloche-à-galets décrochable de mon système (fig. 2, pl. XXV), car, en cas de rupture d'une tige au-dessus de la cloche, celle-ci reste suspendue sur l'extrémité de la partie de la sonde qui reste dans le trou.

Rupture de tiges en bois. — Pour reprendre une tige en bois cassée, on se sert d'une cloche à clapet (fig. 13, pl. XXIV) ou de la cloche ovale (fig. 19, pl. XXIV). Les tiges en bois plient peu sur elles-mêmes, elles se tiennent donc plus facilement dans l'axe du trou de sonde et se laissent aisément coiffer par la cloche. Cependant, si l'extrémité d'une tige cassée se cachait dans une partie excavée des parois, on pourrait employer une cloche (fig. 15, pl. XXVI) terminée par un doigt rameneur.

Obstruction du trou de sonde par des débris de tiges. — Ainsi que nous l'avons déjà dit, l'emploi de tiges en bois provoque souvent des accidents très difficiles à réparer. Si la sonde retombe sur le fond d'un peu haut, les tiges se cassent, se coincent l'une à côté de l'autre, et l'on ne parvient à dégager le trou de sonde qu'en cherchant à saisir, avec une cloche à clapets, une pince-à-vis ou à encliquetage, l'extrémité d'un morceau de tige qui dépasse les autres : on est forcé d'arracher les tiges par morceaux. Si la colonne de tubes de garantie va jusqu'à fond, le meilleur moyen est, si l'on ne parvient pas à les retirer une à une, de tasser toutes les tiges sur l'outil percuteur en frappant avec une seconde sonde sur les débris; quand on juge le tout bien tassé, on remonte la colonne de tubes avec la sonde brisée à l'intérieur.

Si, au contraire, les tiges brisées se sont accumulées dans le terrain, il ne reste plus d'autre moyen que de les retirer bout par bout. Quand une extrémité de tige est

rebroussée, et ne veut pas pénétrer dans la cloche, on la débarbe avec une râpe (fig. 16, pl. XXVI). Il peut arriver que les extrémités de plusieurs morceaux de tiges soient à un même niveau et qu'on ne puisse en saisir aucune. On emploie alors la râpe cylindrique (fig. 17, pl. XXVI) dont l'extrémité et l'intérieur sont garnis de dents bien aiguisées; on la descend sur le massif de tiges, et par rotation, on ronge les tiges en ne laissant qu'une extrémité de tige intacte qui s'ébarbe dans l'intérieur de la râpe; on peut, ensuite, la saisir avec un des instruments raccrocheurs indiqués plus haut. Quelquefois, on peut pénétrer avec une tige de peu de diamètre entre les débris; on munit alors cette tige d'un clapet (fig. 1, pl. XXVIII) et on la glisse entre les tiges brisées; le clapet accroche sur l'un ou l'autre des morceaux et le relève souvent assez au-dessus des autres pour qu'on puisse en saisir l'extrémité.

Ferrure obstruant le trou de sonde. — Quand les rivets d'une tige en bois se cassent sous le choc de la glissière, il arrive très souvent que la perche de bois sort de la ferrure en provoquant un élargissement de celle-ci au diamètre du trou de sonde. Cette ferrure ne veut pénétrer dans aucune des cloches qu'on lui présente, à moins qu'on ne descende préalablement un crochet plat (fig. 4, pl. XXVI) que l'on fait passer entre la paroi du trou et les lames de la ferrure et avec lequel on les force à se resserrer sur elles-mêmes.

Obstruction du trou de sonde par une chaîne. — Pendant le battage, la chaîne du balancier, au système canadien, peut brusquement se casser, soit par suite d'une trop grande usure des mailles, soit par suite de la mauvaise soudure ou de la mauvaise qualité du fer. Si la glissière qui surmonte la maîtresse-tige a une trop grande course, le choc que reçoivent les tiges, par suite de leur chute libre, amène la rupture de l'une d'elles à la partie inférieure de la sonde et toute la partie supérieure dégringole souvent sur une très grande hauteur surmontée de l'anneau-tournant et de la chaîne. Quand cet accident se produit dans un grand diamètre, la chaîne reste suspendue sur l'anneau-tournant, le long de la tige; mais quand, au contraire, le diamètre est petit, la chaîne s'enroule sur elle-même à plat et obstrue complètement le trou de sonde. On comprend combien il est difficile de retirer un objet qui ne présente aucune extrémité par laquelle on pourrait le saisir et quelles conséquences un tel accident peut avoir.

On peut essayer d'accrocher la chaîne avec un petit crochet dont on cherche à faire passer le fer-à-cheval dans une des mailles; si l'on n'y réussit pas, on doit employer une pince à vis ou à encliquetage ou, à défaut de ces instruments, une gueule-de-brochet à deux branches.

Sonde calée. — Par la chute d'éboulements sur le trépan, celui-ci se cale souvent très fortement dans le trou de sonde. On doit, en ce cas, ne jamais employer la traction pour le dégager; on doit le faire jouer de haut en bas et de bas en haut de manière à user, broyer les matériaux qui le gênent, jusqu'au moment où il se dégage de lui-même. Si le trépan joue, de quelques centimètres seulement, même de quelques millimètres, en attachant la sonde au balancier et en le faisant jouer, il est rare que l'on n'arrive, avec de la patience, à lui créer un passage. Au fur et à mesure que le trépan se dégage, on relève la sonde centimètre par centimètre jusqu'au moment où il est complètement libéré. Si l'on avait employé la traction, on n'aurait eu que des ruptures de tiges et un surcroit de calage du trépan.

Il arrive que, par imprudence de la part du maître-sondeur, un trépan fraichement aiguisé se coince dans la partie légèrement conique que laisse invariablement le trépan, après avoir travaillé pendant un certain temps. Ce coinçage est d'autant plus énergique

que le trépan a été descendu violemment à fond, que la conicité du fond est légère et que le poids de la maitresse-tige est grand.

Le battage à la glissière de bas en haut est le moyen le plus efficace pour décaler le trépan. On peut, à la rigueur, essayer la traction avec des tiges solides de sauvetage; mais il est rare que ce moyen donne de bons résultats. Si le battage à la glissière ne donne, non plus, de bons résultats, on peut, avec une lame, donner un peu de jeu au trépan en frappant derrière les cornières; ce travail est, bien souvent, rendu difficultueux par suite de la longueur de la maîtresse-tige, du faible diamètre du trou ou de la présence d'un guide sur le trépan; aussi doit on avoir recours à d'autres moyens. Un de ceux-ci est de dévisser, avec de fortes tiges à gauche, la maitresse-tige de manière à ne laisser que le trépan au fond; on peut ensuite dégager facilement celui-ci avec une lame. Si l'on ne peut dévisser la maitresse-tige, ce qui, d'ailleurs, n'est pas toujours facile, on peut encore employer le moyen suivant :

Le trépan n'étant calé que par ses cornières, il suffit d'un choc excessivement violent et instantané de bas en haut pour en provoquer le descellement; ce choc, on l'obtient en vissant sur la maitresse-tige une glissière (fig. 2, pl. XXVIII), munie d'une barre de fer ronde d'un diamètre de 25 à 30 m/m., vissé par un de ses bouts dans la partie supérieure, par l'autre bout dans la partie inférieure de la glissière. La longueur de cette barre de fer est calculée de telle façon qu'un intervalle plus ou moins grand soit laissé entre les deux parties frappantes de la glissière; cet intervalle doit être proportionnel à l'allongement des tiges de sauvetage et à la longueur de celles-ci. Cette glissière est réunie à un jeu de tiges de sauvetage de $0^{m}04$ à $0^{m}05$ de côté, sur lesquelles on opère une traction suffisante pour provoquer la rupture de la barre de fer ronde intercalée dans la glissière. Par suite de la rupture brusque de cette barre, les tiges se détendent en provoquant un choc formidable de bas en haut à la glissière et qui suffit, bien souvent, pour décaler instantanément le trépan.

On peut encore opérer le décalage en vissant, sur la glissière qui surmonte l'outil percuteur calé, une maitresse-tige surmontée aussi d'une glissière. On attache la sonde au balancier et l'on règle la course de telle façon qu'il se produise un choc en bas et en haut à la glissière inférieure vissée directement sur la maitresse-tige percutrice calée. Ces chocs violents en bas et en haut provoquent un ébranlement du trépan cerné qui, à la longue, finit par se dégager.

Quand on possède une colonne solide de tubes, on peut opérer le retrait d'une sonde calée en agissant sur elle par traction et percussion de bas en haut simultanément.

Figure 3, pl. XXVIII. On rive au pied de la colonne de tubes une double fourche terminée, d'un côté, par un mâle *A*, de l'autre, par une femelle *B* d'emmanchement. On descend la colonne jusque sur la tête de la sonde calée et l'on visse la femelle *B* sur la glissière ou sur la maitresse-tige. Cela fait, on descend à l'intérieur de la colonne un jeu de tiges légères terminées par une glissière que l'on visse sur le mâle *A* de la fourche. On tend fortement la colonne à l'aide de vis de pression on de vérins hydrauliques tout en frappant vigoureusement de bas en haut à la glissière. Le choc de la glissière uni à la traction de la colonne de tubes est très efficace, et il faut que le trépan soit excessivement calé pour qu'il puisse résister à de tels efforts.

Dégagement d'une sonde par explosion. — Quand aucun des moyens préconisés plus haut ne réussit, on peut avoir recours à la dynamite ou à la nitro-glycérine

avec laquelle on casse l'outil percuteur aussi près que possible du fond. On descend l'explosif renfermé dans une demi-lune de fonte creuse épousant, autant que possible, l'intervalle qui reste entre la maîtresse-tige et la paroi du trou, et cela sur un jeu de tiges. Une capsule détonnante fourrée dans l'explosif est réunie à la surface à une petite dynamo quelconque ou à des piles électriques par des fils conducteurs. Quand la demi-lune de fonte est descendue en place, on provoque une décharge électrique qui fait exploser la dynamite. Presque invariablement, si la demi-lune est bien appliquée sur l'objet à casser, une rupture a lieu juste à l'endroit de l'explosion; une charge de 500 grammes de dynamite suffit pour casser une maîtresse-tige de $0^{m}15$ de diamètre. Quand la maîtresse-tige est retirée, il est facile ensuite de dégager le trépan par les moyens ordinaires déjà décrits.

Dégagement d'une sonde pontée. — Dans les terrains schisteux, il se produit souvent au-dessus du trépan un amoncellement annulaire de détritus, qu'on appelle *pont*. Si l'on n'a soin, de temps en temps, de manœuvrer la sonde de bas en haut et vice-versa sur une hauteur de plusieurs mètres, ce pont atteint une telle importance qu'il devient difficile de retirer la sonde. La traction ou le battage violent à la glissière en montant sont très peu efficaces pour faire passer le trépan au travers de ce pont. Il suffit de faire jouer la sonde de bas en haut et de haut en bas en l'empêchant étroitement de tourner; à chaque butée du trépan sous le pont il en enlève une partie qui retombe à fond quand on laisse glisser la sonde et, petit à petit, le trépan découpe une rainure longitudinale au travers du pont par laquelle il peut se dégager entièrement au bout de peu de temps.

Dégagement d'une sonde guidonnée calée. — Dans les terrains irréguliers ou fortement inclinés on est forcé, pour éviter un glissement de la verticale de la sonde, de surmonter le trépan d'un guide (fig. 1, pl. II). Il arrive que celui-ci se trouve pris dans les éboulements ; on doit, en ce cas, opérer comme pour le passage d'un trépan au travers d'un pont, c'est-à-dire, faire jouer la sonde, en l'empêchant de tourner, jusqu'au moment où elle se dégage : c'est un des moindres accidents. Mais quand c'est le trépan qui se cale à fond, cela devient plus grave, car les lames du guide empêchent de travailler à la lame et, en général, d'atteindre le fond. Dans les grands diamètres, on peut encore passer entre les lames du guide une sonde de dégagement; mais dans les diamètres faibles, cela est souvent impossible. Quand on se trouve en présence d'un tel cas, il est préférable de dévisser la maîtresse-tige et le guide, de manière à ne laisser que le trépan. Si l'on n'y parvient pas, on peut faire sauter les lames du guide en frappant sur elles à l'aide d'une seconde sonde. Ces lames tombent à fond où on les reprend plus tard. Mais, on comprend combien ce travail est peu recommandable, car la présence de lames d'acier volumineuses, à côté du trépan, est un embarras considérable pour le travail à la lame à dégager; aussi, avant d'employer ce moyen, doit-on avoir recours à la traction, à la percussion par les moyens indiqués plus haut. On ne fait sauter, ordinairement, les lames du guide que si l'on veut casser le trépan à l'emmanchement par explosion. En général, on restreint l'emploi des guides autant que possible, et ce n'est que contraint et dans des conditions de sécurité absolue qu'on peut les recommander.

Manière de dévisser une sonde. — Pour dévisser l'outil percuteur dans un trou de sonde, on emploie ordinairement une cloche à vis (fig. 10, pl. XXIV) reliée à un jeu de tiges de sauvetage. Pour obtenir une plus grande force, il est préférable d'employer des tiges venues de tuyaux, d'un diamètre aussi grand que possible ; elles résistent

mieux à la torsion et permettent d'y appliquer une plus grande force. On intercale entre la cloche et les tiges une glissière solide. Ayant vissé la cloche sur l'outil calé, on provoque une forte torsion des tiges tout en frappant énergiquement à la glissière en bas et en haut. Le choc de la glissière provoque un mouvement d'élasticité des emmanchements de l'outil à dévisser et, sous la torsion des tiges, le dévissage se fait d'une manière insensible de prime abord, pour s'achever brusquement à un moment donné.

Quand le diamètre du trou le permet, il est préférable de surmonter la cloche à vis de deux glissières que l'on dispose comme le montre la figure 4, pl. XXVIII. Les deux glissières sont intercalées entre deux supports *A B*, dont l'un est réuni aux tiges de sauvetage par un mâle, l'autre à la cloche par une femelle d'emmanchement. Des écrous rendent les glissières solidaires des supports qui les portent. Ce dispositif permet de répartir la force de torsion sur deux glissières et de réduire le frottement latéral qu'aurait à subir une seule.

Au lieu d'une cloche à vis, on peut employer, pour dévisser une sonde, une bague à coins *A* (fig. 5, pl. XXVIII) terminant une tige *B* que l'on réunit à une glissière *C*. Deux coins *D E* venant de tringles qui s'appliquent sur la partie inférieure de la glissière, et qui en sont solidaires par une cale *F*, sont pris dans la bague *A*; on coiffe l'outil à dévisser de la bague *A*; ensuite on chasse énergiquement les coins en frappant avec la partie supérieure de la glissière sur les bouts des tringles. Quand l'outil à dévisser est bien cerné, on peut en opérer le dévissage par torsion et choc en haut et en bas à la glissière. Cet instrument présente l'inconvénient d'être difficilement décrochable si l'on ne parvient pas à dévisser l'outil engagé.

Pour tordre les tiges, nous employons un levier (fig. 6, pl. XXVIII), composé de deux pièces, qui s'appliquent sur la tige et sur laquelle on les presse à l'aide de boulons. Le levier est en fer, sans soudure ou en acier coulé, les branches garnies de bois pour leur donner plus de rigidité.

L'effort de torsion que l'on fait sur les tiges de sauvetage pour dévisser un outil engagé est éminemment dangereux pour les ouvriers attachés à ce travail, et les plus grandes précautions doivent être prises pour sauvegarder leur vie. Si, tandis que les tiges sont tordues sous une très grande force, une partie des ouvriers détendent un peu leur effort d'un côté du levier, l'autre partie ne parvient pas à résister à l'effort de détente des tiges et tous peuvent être brusquement rejetés ou atteints par le levier. Malheur, en ce cas, car tout ouvrier atteint par le levier, dans son mouvement giratoire, peut être blessé à mort. Pour réduire le danger, on ne doit employer qu'un seul levier, jamais deux, et bien recommander aux ouvriers, avant de commencer la torsion, de ne lâcher le levier dans aucun cas et de maintenir leur effort absolument constant. Le directeur du sondage doit présider le travail et suivre d'un œil attentif la marche de la torsion, encourager de la voix les ouvriers timorés et surtout éviter que les ouvriers n'appliquent toutes leurs forces sur le levier; ils ne doivent y appliquer qu'une faible partie pour l'employer entière en cas de besoin brusque; leur nombre doit donc être suffisant. De temps en temps, les ouvriers doivent se reposer; alors on lie avec de solides cordes les bouts du levier à des points très résistants du dispositif de forage, et on leur laisse supporter la plus grande partie de l'effort de détorsion des tiges sans que, cependant, les ouvriers lâchent le levier; on reprend ensuite la marche de torsion. On ne doit jamais balancer les tiges pendant que les ouvriers les tordent, car leur effort est entravé, mais seulement quand le levier est solidement assujetti par des cordes.

Pour éviter tout danger pendant le dévissage de n'importe quel objet dans un trou de sonde, nous employons le dispositif système Petit (fig. 7, pl. XXVIII). Il se compose d'un plateau *A*, que l'on fixe solidement sur le soubassement de la chèvre à l'aide de boulons, supportant une roue dentée *B* qui engrène avec une vis-sans-fin *C* tournant dans des paliers venant du plateau *A* même. La roue *B* est rendue solidaire du plateau *A* par un tenon *D* qui traverse celui-ci et qui porte des écrous de retenue *E F*; elle est garnie intérieurement de dents. Un plateau en deux pièces *G* réunies par des boulons *H I* emboîte la sonde et porte, sur sa périphérie, des dents mobiles *a a'*, que des ressorts à boudin repoussent le long du plan incliné sur lequel elles s'appuient. La sonde peut glisser à frottement doux dans ce plateau; on peut donc, malgré la torsion, lui imprimer un mouvement de va-et-vient suivant les besoins. Une plaque, appliquée sur la roue dentée *B* par de solides vis, maintient le plateau *G*.

On comprend très bien, à la simple vue de la figure, le jeu de cet appareil : quand le plateau *G* tourne à gauche dans la roue dentée *B*, les dents *a a'* se referment vers le centre du plateau; au moindre mouvement à droite, les dents, sous l'effort de leur ressort, glissent sur le plan incliné et mordent dans la roue *B*. La détorsion des tiges ne peut donc plus se faire. Si l'on ne parvient pas à dévisser l'outil engagé dans le trou de sonde, il suffit, pour détordre les tiges, de faire tourner la vis-sans-fin à l'aide du levier à rochet *K*. Comme le plus grand danger pour les ouvriers réside dans le mouvement de détordage des tiges, l'emploi de la vis-sans-fin est le meilleur moyen d'éviter tout accident.

Soupape calée. — Pour dégager une soupape cernée dans un trou de sonde, on emploie la traction simple ou le battage à la glissière. Il peut arriver que, sous la traction ou le choc, la fourche de la cuillère s'arrache; on saisit la cuillère alors par l'intérieur avec un arrache-tuyaux (fig. 3, pl. XX). Si on ne parvient pas à l'arracher on la fend longitudinalement avec un coupe-tuyaux (fig. 6, pl. XXI) et on la retire par morceaux. On peut encore la couper circulairement à l'aide du coupe-tuyaux à couteaux (fig. 1, pl. XXI), et on la retire par tronçons de quelques mètres de longueur.

Sous la traction, la corde de curage peut casser à une faible distance de la surface. Afin d'éviter de retirer la corde, morceau par morceau, par des reprises successives, on peut la couper d'un seul coup au ras de l'anneau-tournant qui surmonte la cuillère.

Voici comment on s'y prend :

On saisit la corde cassée par son extrémité avec un crochet de faible diamètre et on la tend légèrement; on descend ensuite une cloche, d'un diamètre convenable pour que le crochet puisse y passer facilement et qui emboîte la sonde, jusque sur l'anneau-tournant, et l'on coupe la corde qu'on retire facilement.

Il faut, autant que possible, que la corde soit d'un diamètre constant d'un bout à l'autre pour que toute cloche, que l'on descend le long d'elle pour aller la couper à son extrémité inférieure, ne rencontre pas d'obstacles qui pourraient, arrivée à une certaine profondeur, l'empêcher de continuer son chemin. S'il y a des épissures dans l'intérieur de la corde, elles doivent être d'un diamètre très peu supérieur au diamètre de celle-ci. De même, les marques de corde en chanvre qu'on lie sur la corde de curage, pour indiquer le fond, ne doivent pas être trop grosses.

Colonne de tube écrasée. — Sous la pression extérieure des eaux, les colonnes hermétiques de tubes cèdent et s'écrasent complètement si leurs parois ne sont pas

assez solides ou si elles sont trop usées par le frottement des outils de forage travaillant à l'intérieur. Si cet écrasement a lieu dans une partie tubée par d'autres colonnes, en métal étiré ou en tôle mince, l'accident, grave en lui-même, est encore facilement réparable, tandis que, s'il a lieu dans un terrain friable, ébouleux, il acquiert une gravité exceptionnelle et est difficilement surmontable.

On se rend compte d'un écrasement de colonne, à l'impossibilité que l'on rencontre de faire pénétrer les outils au delà de l'endroit d'écrasement. Pour s'en assurer, on descend un bout de tube en tôle mince; quand il pose sur la partie écrasée, on donne quelques coups de sonde, le tube s'écrase et prend la forme exacte de la partie écrasée de la colonne hermétique. L'écrasement de la colonne peut avoir lieu pendant le battage; en ce cas, la sonde se trouve prisonnière et l'outil percuteur ne peut plus repasser à l'endroit où eut lieu l'écrasement.

Si les tiges de forage sont solides, on peut essayer de retirer les tubes écrasés et la sonde en même temps en tirant sur celle-ci; mais cette chance échoit très rarement, et l'on est le plus souvent forcé de dévisser les tiges aussi profondément que possible, et de laisser l'outil percuteur emprisonné en dessous des tubes écrasés.

Quand on se trouve en présence d'un écrasement de colonne, on ne doit jamais chercher à retirer celle-ci en la prenant par la tête; on doit la laisser en place et la saisir avec une bague-à-cales à la tête, de manière qu'elle ne descende pas sous son poids pendant le travail que l'on devra faire à l'intérieur. Si on soulevait la colonne, celle-ci se déboîterait immédiatement à un emmanchement aplati et l'on ne pourrait plus, ensuite, faire pénétrer aucun outil de sauvetage dans la partie écrasée; la partie intacte de la colonne doit servir de guide aux outils descendus.

On descend une maîtresse-tige d'une dizaine de mètres de longueur et d'un diamètre plus ou moins grand suivant le diamètre de la colonne : $0^{m}10$ maximum et munie d'un bourrelet, d'un diamètre un peu plus fort que celui de la maîtresse-tige, à l'extrémité inférieure. Une glissière, dont les deux parties portent à fond, est intercalée entre cette maîtresse-tige et les grosses tiges de sauvetage (qui devront être, de préférence, en tuyaux épais pour plus de rigidité) que l'on descend jusque sur la partie écrasée de la colonne. Ensuite, sans soulever la maîtresse-tige, on frappe sur celle-ci avec les tiges de sauvetage et on l'enfonce entre les tubes écrasés à la façon d'un coin. De temps en temps, on relève la maîtresse-tige d'une certaine hauteur pour en empêcher un serrage exagéré. Les tubes écrasés sous l'effort de pénétration de la maîtresse-tige s'écartent et livrent passage à celle-ci; on parvient de la sorte à avancer de plusieurs mètres par heure.

Quand on a créé un passage du haut en bas des tubes écrasés, on retire les tiges, puis la partie de la colonne qui veut monter facilement, ensuite on saisit les tubes écrasés par la tête avec un arrache-tuyaux (fig. 3, pl. XX) et on les retire morceau par morceau. On peut encore se servir d'un taraud (fig. 7, pl. IX) que l'on visse fortement dans le bout de chaque tube et avec lequel on retire celui-ci.

Si, après avoir retiré plusieurs bouts de tubes, il se produit des éboulements, on doit, si c'est possible, descendre une colonne de garantie d'un diamètre assez grand pour qu'on puisse retirer les tubes écrasés par l'intérieur. Si, au contraire, le diamètre du trou ne le permet pas, on descend une colonne de même diamètre que les tubes écrasés jusque sur la tête de ceux-ci et, après avoir enlevé les éboulements qui les recouvrent, on les saisit avec un arrache-tuyaux et on les remonte avec la colonne de garantie simultanément.

On doit avoir soin de ne pas saisir les tubes écrasés trop bas en dessous de la tête, car, sous la traction, les tubes supérieurs, butant contre une aspérité quelconque dans le trou de sonde, pourraient pénétrer l'un dans l'autre et former un amoncellement au travers duquel il serait difficile, si pas impossible, de faire repasser l'arrache-tuyaux.

Si l'écrasement de la colonne a eu lieu dans un terrain ébouleux, pressants, on rencontre de grandes difficultés à faire pénétrer la maîtresse-tige pour créer une ouverture, car on a, non seulement la résistance des tôles à vaincre, mais encore la résistance du terrain. En présence des difficultés énormes que l'on aurait à créer ce passage et, ensuite, à retirer les tubes écrasés bout par bout au travers des éboulements, on préfère bien souvent, surtout si cela ne doit pas nuire à la bonne marche future du sondage, après avoir retiré autant de tubes écrasés que possible, chasser l'extrémité supérieure de ceux qui restent dans les parois à l'aide d'un chasse-pierre (fig. 8, 9, 10, pl. XXVIII), et de faire un nouveau trou à côté d'eux avec un trépan excentrique, que l'on fait suivre par une nouvelle colonne de tubes de garantie.

Le nouveau trou s'écarte, de prime abord, de la verticale, mais, insensiblement, y revient, et l'on peut continuer le sondage sur plusieurs centaines de mètres de hauteur, sans que le coude que fait le trou à l'endroit des tubes écrasés soit une gêne pour le travail.

Colonne de tubes perforée. — Par le frottement des outils travaillant à l'intérieur des colonnes hermétiques, il arrive très souvent que la tôle s'use tellement qu'une ouverture se produit, principalement à l'endroit des filets. On reconnaît qu'il y a fuite à la colonne, si l'on observe la quantité d'eau que doit contenir le puits pour le travail de perforation. Quand les eaux extérieures sont fermées dans un sondage, on est obligé de verser une quantité d'eau suffisante pour remplacer celle qu'absorbe le terrain et celle que l'on remonte chargée des détritus arrachés par le trépan à la roche. Si l'on s'aperçoit qu'une certaine venue d'eau a lieu et qu'on n'est plus forcé d'en verser dans le trou de sonde, on en déduit ou qu'on a rencontré une nappe aquifère ou qu'une fuite s'est produite à la colonne hermétique. Pour s'en assurer, on jette derrière la colonne une certaine quantité de fluorescine qui colore l'eau en vert ou bien encore un autre colorant, et si l'eau à l'intérieur de la colonne prend aussi la couleur que gagne celle qui est à l'extérieur, on en déduit qu'il y a passage de l'extérieur à l'intérieur de la colonne, sinon l'eau vient certainement du fond.

S'il y a fuite à la colonne, on peut s'assurer de la profondeur à laquelle elle a lieu en descendant une soupape vide, l'extrémité inférieure de celle-ci hermétiquement close, à une profondeur moyenne, et en l'y maintenant pendant un temps plus ou moins long. Si la soupape se remplit d'eau, il est certain que la fuite a lieu entre l'endroit où on l'a maintenue suspendue et la surface. On peut donc, par tâtonnements, trouver cette fuite en remontant ou en descendant la cuillère de 5 à 10 mètres de hauteur à chaque voyage.

Après s'être assuré de la profondeur à laquelle se trouve la fissure, on peut descendre, sans plus de retard, un arrache-tuyaux (fig. 3, pl. XX) ou un perce-tuyaux (fig. 6, pl. XXIII) sur de fortes tiges de sauvetage à l'endroit de la fissure, et dévisser la colonne en opérant une traction suffisante pour soulever seulement les tubes qui surmontent l'instrument; si l'on tendait trop fortement la colonne, celle-ci se dévisserait immanquablement à une profondeur plus grande qu'on ne désire, et l'on pourrait avoir le désagrément de dévisser dans une partie non recouverte par la colonne précédente;

on aurait, ensuite, des éboulements qui gêneraient fortement le renvissage de la colonne.

Si, comme c'est souvent le cas, la colonne hermétique se trouve dans des tubes en tôle de grand diamètre, on doit, avant d'opérer le dévissage, descendre une seconde colonne un peu plus grande que celle détériorée et avec laquelle on l'emboîte aussi profondément que possible, de manière à obtenir un guidonnage qui facilitera le renvissage.

Après avoir dévissé la colonne, remonté la partie supérieure dévissée, on met le tube détérioré de côté en le remplaçant par un autre de même longueur. Il va sans dire que, pendant la remonte, on doit vérifier exactement chaque tube et mettre de côté tous ceux qui seraient trop défectueux. On redescend la colonne, après en avoir armé l'extrémité inférieure d'un cylindre de bois dur (fig. 11, pl. XXVIII), traversé par un boulon surmonté d'un mâle d'emmanchement et garni d'un cône en tôle mince. On ménage quatre rainures longitudinales sur le pourtour du cylindre de bois, de manière à livrer passage à l'eau entre le cylindre et la paroi du tube. Le cylindre de bois, d'un diamètre égal d'un bout à l'autre, un centimètre plus petit que le diamètre du tube, est cerné dans le bout de la colonne à l'aide de cales de bois que l'on chasse entre la paroi du tube et le cylindre; sous la pression de l'eau, le bois s'imbibe énergiquement et se dilate fortement. On descend la colonne jusque sur la tête du tronçon resté dans le trou de sonde, tout en lui imprimant un mouvement régulier de rotation, de manière à amener la femelle en face du mâle, et on les laisse glisser l'un dans l'autre, millimètre par millimètre, sans arrêter le mouvement de rotation. Au fur et à mesure que la résistance à la rotation augmente, on ajoute de la force, et quand on juge que la colonne est renvissée de quelques centimètres, on opère une traction légère pour la redresser à l'endroit du renvissage en cas où le filet se renvisserait de travers.

La colonne étant fortement renvissée, on descend un jeu de tiges légères armées d'une glissière que l'on visse sur le mâle d'emmanchement qui surmonte le cylindre de bois, et on remonte celui-ci sans plus de difficultés. On s'assure, ensuite, de l'étanchéité de la colonne en épuisant les eaux à l'intérieur. Il arrive parfois, quand on dévisse une colonne dans un trou de sonde de grand diamètre, que l'on ne sait plus trouver l'ouverture du tronçon de colonne resté au fond pour y faire pénétrer l'arrache-tuyaux.

En ce cas, on munit celui-ci d'un tube *A* (fig. 12, pl. XXVIII), vissé sur un raccord convenable *B*. Le tube *A* précédant l'arrache-tuyaux, d'une longueur convenable, coiffe le tube cherché dans lequel l'arrache-tuyaux pénètre ensuite très facilement. Afin de ramener plus facilement le tube cherché au centre du trou de sonde, on munit le tube *A* d'un doigt chercheur.

Pour dévisser une colonne de tubes à un endroit donné, nous avons inventé un instrument dévisse-tuyaux (fig. 13, pl. XXVIII) qui se compose d'un cylindre *A* en acier d'un mètre de longueur environ, muni sur sa périphérie de quatre rainures helycoïdales d'un pas égal à la longueur du cylindre; un écrou *B* se visse sur le tuyau *L* et porte deux galets *C D* que des ressorts forcent à rester ouverts constamment; un raccord *E* relie l'instrument à la sonde; une tige de section carrée *F* munie d'un rebord *G* glisse à frottement doux dans le bout du cylindre *A*; cette tige *F* porte deux bagues *H I*, dont l'une *H* vient de la tige même et l'autre *I* y est rapportée à vis; elle se termine par une femelle d'emmanchement qui se visse sur un instrument

arrache-tuyaux *J* et que l'on goupille ensuite. Une bague *K* tournant librement est maintenue sur la tige *F* par les bagues *H I* et est raccordée à vis à l'écrou *B* par le tuyau *L*.

On crée un intervalle entre les couteaux *C D* du dévisse-tuyaux et les griffes $a\ a'\ a''\ a'''$ de l'arrache-tuyaux, en intercalant entre l'un et l'autre de ces instruments une allonge de longueur convenable, telle que, l'arrache-tuyaux étant cerné dans un tube, le dévisse-tuyaux saisisse le second tube immédiatement supérieur, c'est-à-dire que la distance entre les couteaux *C D* et les dents $a\ a'\ a''\ a'''$ doit dépasser une longueur de tubes, soit 6 mètres.

L'instrument est descendu dans la colonne, monté comme le montre la figure, à la profondeur où l'on veut dévisser. On opère une certaine traction sur la sonde, composée de tiges solides, serrées fortement l'une sur l'autre, de manière à cerner l'arrache-tuyaux dans le tube. Cela fait, on laisse glisser la sonde légèrement jusqu'à ce que l'ergot *P* vienne buter sur l'écrou *B*, ce qui provoque une rotation à droite de celui-ci et la fermeture des couteaux *C D*; en relevant la sonde, l'écrou *B* tourne à gauche, les couteaux *C D* s'ouvrent, mordent dans le tube et l'entraînent dans leur mouvement de rotation : la colonne se dévisse. Tout l'effort de traction que l'on applique sur la sonde se reporte sur l'écrou *B* à gauche et sur la tige *F*, c'est-à-dire sur l'arrache-tuyaux, à droite. A chaque relevée du cylindre *A*, la colonne se dévisse à peu près d'un tour.

Pour faciliter le dévissage et empêcher que, sous tout le poids de la colonne, l'emmanchement de tube qui se dévisse ne se détériore, on soulève la colonne au fur et à mesure du dévissage à l'aide de vis de pression ou par tout autre moyen.

Quand la colonne est dévissée, pour décrocher l'instrument, il suffit de faire sauter l'ergot *P* de son alvéole, en le frappant sur l'écrou *B* et de laisser glisser ensuite le cylindre *A* dans le tuyau *L*, jusqu'à ce qu'il se libère de l'écrou *B*; comme l'emmanchement *M* de l'arrache-tuyaux est à droite, il suffit alors d'imprimer un mouvement de rotation à gauche à la sonde, pour amener la disjonction des deux parties de l'arrache-tuyaux : le cône *N* retombe sur l'anneau *O* et on peut remonter tout l'appareil.

Pour empêcher, que pendant le travail de dévissage de la colonne, l'emmanchement *M* ne se dévisse, on a soin de maintenir une certaine torsion à droite à la sonde; de plus, pour éviter que la femelle de l'emmanchement *M* ne se visse trop fort sur l'embase du mâle, et qu'on n'ait ensuite des difficultés à la dévisser, des dents d'arrêt sont découpées dans le bout de la femelle et dans l'embase du mâle. Pour ne pas perforer la colonne de tubes. les griffes $a\ a'\ a''\ a'''$ de l'arrache-tuyaux doivent être d'une grande hauteur et d'une grande largeur, et être garnies de petites dents peu profondes, intercroisées comme les dents d'une lime. On doit donner aux tiges centrales des instruments dévisse-tuyaux et arrache-tuyaux une épaisseur suffisante pour que, sous l'effort de torsion du cylindre *A*, elles ne se tordent pas sur elles-mêmes : un diamètre de 0^m06 suffit amplement pour dévisser une colonne de 9 ou 10″ de diamètre.

Pendant la remonte de l'appareil, si les couteaux *C D* prennent sous une aspérité quelconque dans la colonne, il suffit de faire tourner la sonde à droite pour surmonter l'obstacle.

Pompe brisée. — Pendant le pompage du liquide dans un trou de sonde, il arrive souvent que, par suite de dévissage, la chute de la tringle du piston à l'intérieur du

corps de pompe, ou tout simplement par la rupture du dispositif de suspension, toute la pompe tombe au fond du trou de sonde en se pliant en tous sens. Si le trou de sonde est tubé du haut en bas, la retraite de la pompe est facile, tandis que, si une partie du terrain reste à découvert, comme il s'y est ordinairement formé des excavations, les tubes, sous le choc reçu, se plient à angles aigus et se coincent fortement dans les parois. Si l'on tire sur les tuyaux pour les arracher, ils se cassent aux angles et cachent leur extrémité dans les parois; aucun instrument ne peut saisir un tel tuyau, replié presque sur lui-même, sans qu'on ne redresse celui-ci préablement. On se sert, pour cela, quand le diamètre du trou de sonde le permet, de crochets solides avec lesquels on saisit le tuyau dans un coude et, en tirant, on le force à se redresser. Quand le diamètre, au contraire, est trop faible pour qu'un crochet solide puisse trouver passage, on se sert d'une hélice venue de fer plat garnie de dents acérées à l'intérieur (fig. 1, pl. XXIX). On saisit le tuyau par l'extérieur avec la langue de l'hélice et, par tractions répétées, on le redresse de force. Si l'on parvient à faire passer le tuyau à l'intérieur de l'hélice, celle-ci, sous la torsion, produit un mouvement d'ouverture qui se transforme en mouvement de serrage si l'on tire sur elle. Quand un tuyau est légèrement redressé, mais fait encore ressort sur lui-même, pour que l'extrémité en puisse pénétrer dans une cloche, on peut employer une cloche à vis et à dents (fig. 2, pl. XXIX). Avec les dents qui garnissent une partie de la cloche, on lime le tuyau, par rotation jusqu'au moment où l'extrémité de celui-ci atteint le filet du fond de la cloche, où elle se visse fortement.

De l'empreinte.

Quand une rupture d'outil a lieu dans un trou de sonde, on désire souvent se rendre compte de la position de cet outil. Dans ce but, on descend l'instrument (fig. 3, pl. XXIX) qui se compose d'une douille que l'on remplit d'une matière malléable, telle que du plomb, du suif, de l'argile ou encore de la parafine dure. On appuie l'empreinte sur l'outil brisé qui y imprime sa forme. D'après l'image obtenue, on peut choisir ensuite l'outil de sauvetage le plus convenable.

Derniers recours en cas d'accident irréparable.

Par l'inexpérience, l'imprévoyance, le manque de soins du personnel, il arrive souvent que, d'un accident simple en lui-même, il s'en fait un tellement grave que le travail de sauvetage du sondage coûterait plus cher que d'en recommencer un nouveau à côté du premier. Il est différents moyens de sauver un tel puits avec relativement peu de frais.

Supposons que nous ayons une sonde calée dans un sondage et que le personnel y ait laissé tant d'outils raccrocheurs que ceux-ci font du trou de sonde un magasin à mitraille qu'on ne pourrait reprendre qu'avec beaucoup de temps et d'argent dépensés. Supposons encore que nous ayons une colonne perdue, dont l'extrémité supérieure est à peu de distance du fond. Nous en profiterons pour abandonner le premier trou et en creuser un second à côté. Pour cela, il suffira de coiffer la colonne perdue d'une barre de fer en biseau (fig. 4, pl. XXIX) et de descendre un trépan à double tranchant en équerre qui sera rejeté sur le côté suivant le plan incliné de la barre de fer. Les

premiers mètres de forage seront difficiles à faire, car nous aurons la colonne de tubes emboitante à perforer; mais, aussitôt que le trépan entame le terrain, l'avancement suit une marche normale. On donne à la barre de fer une longueur aussi grande que possible, afin que le coude, que fera le second trou en cet endroit, ne soit pas trop brusque.

On peut encore, au lieu de descendre une barre de fer sur la tête de la colonne perdue, ce qui est toujours un embarras, simplement aplatir la colonne sur une hauteur de plusieurs mètres avec un chasse-pierres en biseau (fig. 10, pl. XXVIII). Ce chasse-pierres a un diamètre aussi exact que possible dans la colonne qui précède les tubes à aplatir; la pointe du biseau est rejetée tout sur un côté, de manière que si l'on frappe toujours au même endroit, derrière la tête de la colonne perdue, celle-ci ne tarde pas à se refermer et à s'aplatir entièrement contre une des parois du trou. On pousse cet aplatissement aussi loin que possible, et l'on continue ensuite avec le trépan à double tranchant, avec lequel on creuse un nouveau trou à côté du premier.

Si la tête de la colonne perdue est trop haute au-dessus du fond, et que nous voulions nous épargner le forage d'un nouveau trou sur une trop grande hauteur, nous pouvons couper cette colonne aussi près que possible de l'outil engagé en retirer la partie supérieure, puis faire le nouveau trou à côté, suivant le procédé indiqué plus haut.

Si le trépan seul obstrue le trou de sonde, il suffit de faire le nouveau trou à côté du trépan avec un diamètre moindre, si les dimensions du sondage le permettent, et cela avec le trépan à double tranchant.

Les premiers mètres de forage à côté sont toujours difficiles à faire, car la maîtresse-tige, par son frottement sur la paroi du trou de sonde, est gênée dans son mouvement de chute. Pour réduire ce frottement, il sera bon d'employer, pour commencer, une maîtresse-tige assez mince pour offrir beaucoup d'élasticité, quitte, après avoir enfoncé de quelques mètres en dessous de l'outil coincé, à la remplacer par une autre de diamètre plus convenable. Les tiges qui surmontent la maitresse-tige doivent venir de bon fer, de 30 millimètres de diamètre sur une hauteur convenable, et être bien flexible pour se prêter au mouvement de la maitresse-tige. Il est indiqué, aussitôt que le trépan se trouve, soit en dessous de l'outil coincé, soit engagé suffisamment à côté de ce même outil, de descendre une colonne de tubes, de manière à le recouvrir autant que possible. Une fois l'outil coincé couvert par une colonne de tubes, on peut marcher hardiment dans l'intérieur de celle-ci et dire le sondage sauvé.

La réussite plus ou moins rapide de cette méthode de sauvetage dépend : 1° de la forme et des dimensions de ou des outils coincés; 2° de la dureté plus ou moins grande de la roche dans laquelle ce coincement s'est produit; 3° du diamètre du trou de sonde.

De toutes façons, ce travail de déviation ne peut se faire qu'à l'aide d'une sonde à glissière et de tiges pleines en fer. Avec une sonde à chute libre ou rigide, cela serait impossible, car ce qui joue le plus grand rôle dans cette opération, c'est la flexibilité de la sonde.

Il arrive souvent qu'en creusant un trou à côté d'une sonde engagée, on greffe un second accident irréparable à côté du premier. En ce cas, l'embarras devient extrême, car les deux sondes, à côté l'une de l'autre, obstruent tellement le trou

qu'on ne sait plus passer aucun outil de dégagement. Le seul moyen vraiment pratique, et le plus rapide, de remettre le sondage en ordre, est d'employer le système de forage à rotation, soit pour ronger, à l'aide d'une fraise pleine, tout ce qui obstrue le trou, soit encore pour creuser un espace libre à l'entour d'une des sondes engagées à l'aide d'une couronne.

La figure, 5 pl. XXIX, montre le dispositif à appliquer.

La sonde, venant de tiges creuses, est armée soit d'une fraise pleine (fig. 6, pl. XXIX), soit d'une couronne en acier (fig. 7, pl. XXIX); elle reçoit un mouvement rapide de rotation d'une roue d'engrenages *B* par l'intermédiaire d'une tige creuse axiale *C*, qui glisse dans la roue d'engrenages *B*, tout en étant solidaire d'elle par une cale. La roue *B* engrène avec un pignon, qui reçoit un mouvement circulaire du moteur par l'intermédiaire d'une courroie. Ce dispositif d'engrenages est monté sur un chariot, que l'on peut faire rouler sur des rails, posés sur une solide boiserie. La sonde est coiffée d'un tuyau en caoutchouc, qui la relie à une pompe foulante. Afin de contre-balancer tout le poids de la sonde et de ne la laisser s'appuyer sur le fond qu'avec la force voulue, on la suspend par une chaise-à-galets *D* et par deux chaînes *E F*, qui passent sur la tête d'un balancier *G* et se relient à une troisiéme chaîne *H*, par un levier *I*; cette chaîne *H* va s'enrouler sur un tambour *J*, commandé par une vis-sans-fin *K*, engrenant avec une roue dentée *L*. Le balancier *G* est monté sur un chevalet *M* et porte à son extrémité un contre-poids *N*, que l'on règle à volonté.

Le maniement de ce dispositif est simple. On descend la sonde jusque sur la tête de l'objet à dégager ou à ronger; on passe la chaise-à-galets *D* sur la sonde et on la suspend sur les chaînes *E F*; cela fait, on saisit la sonde dans la chaise *D* à l'aide de cales, on tend les chaînes *E F* à l'aide de la vis-sans-fin *K*, et l'on contre-balance le poids de la sonde en mettant du poids sur l'extrémité antérieure du balancier *G*; on visse la tige creuse axiale *C* sur la sonde et l'on imprime à celle-ci un mouvement circulaire, tout en injectant un fort courant d'eau. Afin de pouvoir relever la sonde, la tête *O* est munie d'un emmanchement, sur lequel on visse l'anneau-tournant de relevée du câble de manœuvre.

Au fur et à mesure de l'avancement de la fraise vers le fond, on laisse glisser la sonde à l'aide de la vis-sans-fin *K*, de façon que l'extrémité antérieure du balancier ne se relève pas trop haut. Si l'on emploie une couronne, celle-ci peut être munie à sa partie supérieure d'une cloche à vis, qui saisira la sonde calée, par son extrémité supérieure. Comme le porte-couronne est plus long que la sonde à dégager, la cloche à vis ne la saisira qu'au moment où elle sera entièrement libre et où plus rien ne pourra en empêcher le retrait.

On comprend qu'avant de commencer le dégagement à la couronne, il est indispensable de dégager soigneusement la tête de la sonde calée, de façon qu'elle s'introduise facilement dans le porte-couronne.

Le travail de dégagement à la couronne demande beaucoup de soin et de patience; il faut surtout éviter qu'elle ne s'engage entre les outils calés et ne la laisser avancer qu'après avoir rongé tout ce qui pourrait la gêner. Il faut aussi la relever de temps en temps pour s'assurer qu'elle est bien libre.

Redressement d'un puits dévié. — Quand le trépan rencontre un banc de terrains durs, fortement inclinés, s'il n'est pas bien guidonné, il glisse suivant l'inclinaison du terrain et fait un trou qui s'éloigne de plus en plus de la verticale. On s'en rend

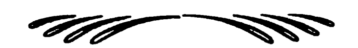
compte par la difficulté que l'on éprouve à faire tourner la sonde et à l'usure exagérée des arêtes des cornières du trépan. Dans un terrain dur, il est très difficile de redresser un trou de sonde, et l'on n'y parvient qu'avec beaucoup de patience. Souvent il suffit de bourrer la partie déviée de pierrailles, de morceaux de grilles de chaudière hors d'usage ou encore de la bétonner. On a aussi de bons résultats en bouchant le fond avec un cylindre de bois dur que l'on broie ensuite au trépan. On surmonte celui-ci d'un très long guidonnage que l'on fait venir d'une maîtresse-tige garnie de lames qui courent sur toute sa longueur.

On peut encore envelopper la maîtresse-tige d'un tuyau aussi juste que possible dans le trou de sonde et qui y est fixé par des soutiens sur lesquels il est rivé.

La lame du trépan redresseur doit être aussi longue que possible et être presque entièrement cylindrique sur toute sa hauteur, de manière qu'elle serve de guide également.

Quand le trépan arrive à l'endroit où commence la déviation, on doit en amortir le choc sur la roche de manière à entamer la paroi dessortante et y créer une embase; quand on est parvenu à obtenir une embase de quelques centimètres de largeur, le travail de redressement suit une marche de plus en plus facile. Si l'on frappait trop fortement sur la roche avec le trépan, à l'endroit où commence la déviation, celui-ci glisserait sur la paroi sans beaucoup l'entamer et suivrait le trou premièrement foré malgré le guidonnage le plus étroit.

Dans certaines formations, il arrive souvent que le trépan glisse légèrement de la verticale sur toute la hauteur d'un banc de grès dur, mais, aussitôt qu'il atteint une couche plus tendre, il revient à la verticale; il reste donc en face de ce banc de terrain dur un coude qui empêche les tubes de passer. On crée, en ce cas, un passage à la colonne de tubes en excavant la partie ressortante avec un élargisseur à ailettes mobiles, surmonté d'un guidonnage ayant peu de jeu dans la colonne de tubes et en maintenant celle-ci aussi près que possible de l'excavateur.



CHAPITRE V.

Travaux sépciaux de forage.

Prise de carottes-témoins par percussion.

Afin de reconnaître la pente, la direction, la nature des couches, on prend des échantillons massifs, cylindriques, du terrain en place. Pour cela, au lieu de découper le fond du trou sur toute sa largeur, on ne le découpe que suivant une rainure circulaire en laissant la partie centrale intacte sur un certain diamètre. On emploie, pour cela, des trépans dits découpeurs pour le système par percussion.

Dans les grands diamètres, le trépan découpeur est à quatre ou six branches (fig. 8, pl. XXIX), tandis que, dans les petits diamètres, il n'est qu'à deux ou trois branches (fig. 9, pl. XXIX). Pour renfortifier les branches, on les relie par des entretoises en tôle maintenues par des rivets. On donne une plus ou moins grande longueur aux branches qui permet d'obtenir une carotte d'une longueur suffisante pour qu'on puisse distinguer la stratification. Dans certains terrains, et quand il ne s'agit que d'obtenir l'inclinaison et la nature de ces terrains, une carotte de 0^m20 à 0^m30 de longueur suffit souvent, tandis que si on veut obtenir une succession de carottes qui représente toute la formation des terrains sur une hauteur plus ou moins grande, il est préférable de faire les carottes les plus longues possible pour éviter les manœuvres trop répétées. Il s'ensuit que la longueur des branches des trépans-découpeurs dépend du travail que l'on veut faire.

Pour la facilité d'aiguisage des dents des trépans-découpeurs, on munit les lames de dents rapportées à vis ou à cales (fig. 10, pl. XXIX). Quand une dent, par suite d'un vissage trop tôt limité, ne se trouve pas dans la position voulue, on intercale une bague de tôle d'une certaine épaisseur entre le bout de la femelle et l'embase du mâle de la dent, de manière que, après vissage à fond, le tranchant de la dent se trouve suivant le rayon du trépan-découpeur.

Si l'on ne veut obtenir qu'un échantillon pour reconnaître la nature du terrain, on peut employer un trépan (fig. 11, pl. XXIX).

Quand on veut obtenir des carottes de très grande longueur, on est obligé de curer le trou de sonde de temps en temps. On emploie, dans ce but, une cuillère (fig. 1, pl. XXX) qui recueille la boue dans la rainure circulaire qui entoure le noyau.

Cette cuillère ne diffère en rien de celles ordinairement employées, sauf en ce que la frette a un diamètre intérieur et une longueur, suffisants pour emboîter le noyau de terrain.

Après que la carotte-témoin a été découpée, on doit encore la ramener au sol. On se sert pour cela de divers instruments qui saisissent le témoin après l'avoir cassé aussi près que possible du fond (fig. 2, pl. XXX). Cet emporte-pièce se compose d'une cloche *A* dans laquelle deux griffes *b c*, venant d'une seule pièce, sont introduites. Ces griffes possèdent à leur bout et extérieurement un renflement d'une épaisseur voulue. Deux rivets, traversant des rainures découpées dans les branches des griffes, soutiennent celles-ci et limitent leur course. On descend cet instrument, les griffes au bas de leur course et, arrivé près du fond, on le laisse tomber vigoureusement sur le fond sous tout le poids des tiges. Les griffes, en touchant le fond, sont chassées dans la cloche, tandis que les renflements qui les terminent les forcent à se refermer et à saisir le témoin. Un léger évidement est ménagé à même la cloche pour que les renflements des griffes, venant s'y loger, empêchent celles-ci de retomber, soit sous leur propre poids, soit sous la traction que l'on devrait faire pour arracher le témoin du fond.

(Figure 3, pl. XXX). — Cet appareil consiste en un tuyau *A*, muni d'une bague *B*, qui y est rivée. Un levier *C*, terminé par une main en demi-cercle *d* oscille sur un boulon *e* traversant le tuyau *A*. Un coin *f* glissant dans deux pièces *g h*, rapportées à rivets sur le tuyau *A*, s'appuie sur le levier *C*. Une tige *i*, coiffée d'un tampon *j*, traverse la bague *B* et soutient tout l'appareil. Une cale *l*, fixée sur la tige *i* à une hauteur convenable, glisse dans une rainure pratiquée dans la bague *B*, et empêche la tige *i* de glisser tant qu'elle ne se trouve pas en face de la rainure. Un ressort *K* en lame, fixée sur le tuyau *A*, maintient le levier *C* dans une position d'ouverture.

L'appareil étant descendu sur le fond, on fait tourner légèrement la tige *i*, de manière à introduire la cale *l* dans la rainure ; on laisse appuyer tout le poids de la sonde, la tige *i* presse le coin *f* sur le levier *C* et force la main à saisir le témoin.

Prise de carottes-témoins automatique. — Dans la deuxième édition de leur *Guide du Sondeur*, en 1861, Degousée et Laurent disent textuellement : « L'emploi de la pompe foulante, en usage depuis environ trente ans, a servi, comme nous l'avons vu, au système de sondage adopté par M. Fauvelle. Nous avons exposé précédemment les motifs qui rendent impossible de généraliser cette méthode.

Un nouveau système de sondage, basé sur ce principe, a été proposé tout dernièrement.

Seulement, au lieu d'injecter l'eau par les tiges creuses et de la faire revenir au sol entre celles-ci et les parois, c'est, au contraire, par ce dernier espace annulaire que l'eau est injectée pour être rejetée par la colonne centrale, fonctionnant comme sonde. Par ce système, dont quelques-unes des dispositions sont originales et ingénieuses, les auteurs se proposent d'extraire, par la force de l'eau, non seulement tous les détritus produits, mais même des échantillons cylindriques découpés dans le terrain. Ce que nous avons dit du système Fauvelle s'applique à celui-ci. Nous croyons que bien des échecs l'attendent à sa mise en pratique. »

En ces dernières années, M. Albert Fauck a repris cette idée et l'a appliquée à son système de forage à courant d'eau. Il emploie un trépan découpeur percé longitudinalement d'un trou pour le passage de l'eau, tel que le montre la figure 4, pl. XXX. Les carottes de $0^{m}025$ environ de diamètre remontent, entraînées par le

courant d'eau, par l'intérieur des tiges creuses et sont récoltées dans une poche spéciale. Les résultats obtenus sont très satisfaisants.

Cimentage des trous de sonde.

Souvent, en approfondissant en dessous des couches pétrolifères, on rencontre une couche aquifère, dont la venue d'eau influe fortement sur la production du puits. On se résigne ordinairement, au lieu d'épuiser inutilement à la pompe cette venue d'eau, à boucher hermétiquement le fond.

Quand le sondage est poussé très loin en dessous de la nappe aquifère, on se contente, tout simplement, de bourrer des pierrailles dans le fond jusqu'à hauteur de cette couche d'eau; on descend ensuite un lit d'argile plastique suifée de deux à trois mètres de hauteur à l'aide de l'appareil figure 5, pl. XXX, ou bien on la jette dans le sondage sous forme de boules. Cela fait, on chasse un cylindre de bois, d'un à deux mètres de longueur, d'un diamètre aussi juste que possible dans le trou de sonde, dans l'argile à coups de sonde, puis on descend un cylindre de plomb, suspendu sur un tenon fileté, ménagé en dessous de la lame d'un trépan sans tranchant, et qu'on tasse à coups de sonde sur la tête du cylindre de bois (fig. 6, pl. XXX). Pour assurer le joint, on peut encore descendre une certaine quantité de ciment délayé dans des appareils (fig. 7 et 8, pl. XXX).

Pour mener à bien un tel travail, on doit l'exécuter à niveau plein pour empêcher tout mouvement des eaux du fond vers la surface, car autrement les éléments qu'on descendrait seraient enlevés, au fur et à mesure qu'on les déposerait sur le fond, par le courant ascendant du liquide.

Nous employons encore, pour boucher les eaux du fond, un appareil à mousse (fig. 9, pl. XXX), inventé par nous. Il se compose d'une tige creuse *A* armée d'une barre transversale dentée *B*, et par laquelle elle s'appuie sur le fond du trou de sonde; cette tige *A* supporte un plateau *C*. Une vis *D*, portant un second plateau *E*, se visse dans la tige creuse *A*. Un emmanchement *F* relie la vis *D* à la sonde. Entre les deux plateaux *C E*, on tasse de la mousse que l'on presse entre les deux plateaux en glissant l'appareil dans un tube, de manière à former un cylindre de mousse massif. On obtient une longueur suffisante du cylindre de mousse en y ajoutant de celle-ci et en la pressant à plusieurs reprises. Avant de descendre l'appareil, on entoure la mousse d'une bande de toile que l'on serre fortement.

L'appareil étant descendu sur le fond, en imprimant un mouvement de rotation dans le sens convenable à la sonde, on visse la vis *D* dans la tige *A*, les deux plateaux *C E* se rapprochent l'un de l'autre et pressent la mousse dans le trou de sonde. On dévisse ensuite la sonde et on abandonne l'appareil. Afin de pouvoir dévisser facilement l'emmanchement qui relie la sonde à l'appareil, on le munit de dents de butage.

Pour renforcer la fermeture hermétique du fond, on descend du ciment sur l'appareil sur une hauteur de plusieurs mètres.

Appareil à descendre l'argile, système Petit (fig. 5, pl. XXX). — Se compose de deux tubes *A B* de diamètres différents, reliés ensemble par un raccord fileté; dans le plus petit des deux tubes, le disque *C* qui termine la tige *D* glisse à frottement

doux. Une bague vissée dans le tube A limite la course en hauteur du disque C, tandis que l'embase E de la tige la limite en profondeur. On bourre le tube A d'argile plastique et, après avoir graissé soigneusement l'intérieur du tube B, on descend l'appareil sur le fond. Aussitôt qu'il touche le fond, sous tout le poids des tiges, le disque C chasse l'argile hors du tube A. Le tube étant graissé, l'argile n'a aucune prise sur lui et reste sur le fond quand on relève l'appareil.

Quand on jette de l'argile directement de la surface dans le trou de sonde, elle reste bien souvent accrochée, soit à la tête d'une colonne perdue, soit à une aspérité quelconque, bien loin au-dessus du fond. Si une seule boule reste suspendue aux parois, elle empêche toutes celles qu'on jette ensuite d'aller plus loin; il se produit un amoncellement de l'argile en cet endroit, amoncellement qu'on a d'autant plus de difficultés ensuite à enlever que l'argile est plus plastique et mieux suifée. A l'aide de l'appareil (fig. 5, pl. XXX), cet inconvénient est écarté et on obtient les meilleurs résultats.

Si l'on a une très grande hauteur de trou de sonde à boucher avec de l'argile, on peut descendre une colonne de tubes, dont la base est garnie d'un rebord intérieur, jusqu'à quelques mètres du fond. L'appareil (fig. 5, pl. XXX) vient s'appuyer sur ce rebord et l'argile chassée tombe sur le fond. Au fur et à mesure du remplissage on relève la colonne d'une hauteur convenable.

Si le diamètre du trou de sonde le permet, on peut encore descendre l'argile dans des sacs traversés par une broche de bois et sur laquelle on lie les deux ouvertures des sacs. On jette ces sacs dans le trou et, sous leur poids, ils vont directement à fond. Après avoir jeté plusieurs sacs d'argile, on peut jeter quelques sacs de pierres que l'on chasse à coups de sonde dans l'argile. Ainsi que nous l'avons déjà dit, toutes ces opérations doivent se faire à niveau plein. Si on jetait des sacs d'argile dans un trou plus ou moins vide, en touchant le liquide, les sacs s'aplatiraient et s'éventreraient : l'argile, de nouveau, n'irait pas à fond et resterait attachée aux parois du trou de sonde.

Appareils à descendre le ciment (fig. 7, pl. XXX). — Dans un tuyau A est rivée une traverse B supportant deux lames $a\ b$, dont les extrémités sont munies de griffes qui viennent saisir en dessous d'un rebord C ménagé sur une plaque D faisant fonction de clapet. Une tige E, qui traverse la plaque D et la traverse B, s'appuie sur celle-ci par un rebord F et possède, à une hauteur convenable, un renflement G d'un certain diamètre. La plaque H qui termine la tige E, en touchant le fond, repousse celle-ci, le renflement G pénètre entre deux talons $e\,f$ venant des lames $a\ b$ et force celles-ci à s'ouvrir et à lâcher le clapet D qui laisse couler le ciment sur le fond.

Nous employons encore un second appareil, également inventé par nous et que montre la figure 8, pl. XXX. Il se compose d'un tube A qu'un second tube B emboîte à frottement doux. Des lucarnes sont ménagées à même les tubes A et B, de telle façon que les lucarnes du tube B correspondent à celles du tube A par simple glissement. Le tube B est terminé en pointe et porte une tige C qui s'appuie sur la traverse D, rivée dans le tube A, par un rebord E. La traverse D porte deux ressorts FG, dont les extrémités se rapprochent l'une de l'autre. Quand la pointe du tube B touche le fond, sous le poids de la sonde, le tube A glisse dans le tube B, tandis que le rebord E de la tige C glisse entre les ressorts FG et est saisi par ceux-ci. Par ce mouvement de glissement des deux tubes l'un dans l'autre, les lucarnes viennent se placer en face l'une de l'autre et offrent une issue au ciment

liquide que contient le tube *A* et qui coule sur le fond. Quand on relève l'appareil, le tube *B* reste suspendu par le rebord *E* de la tige *C* sur les extrémités des ressorts *FG*.

Quelques généralités sur les ciments et argiles.

L'emploi du ciment, soit pour la fermeture des eaux supérieures, soit pour aveugler une venue d'eau du fond, demande des précautions particulières. Ces opérations se faisant ordinairement dans des trous de sonde très petits ou dans des espaces annulaires très restreints, et à de grandes profondeurs, on doit employer un ciment qui, par son mélange avec d'autres matériaux, donne une pâte liquide à prise lente.

Degousée et Laurent, dans leur *Guide du Sondeur*, traitent abondamment de l'emploi du ciment et de l'argile. Nous ne pourrions mieux faire que de répéter textuellement ce qu'ils en disent :

« Les ciments, dits romains, de bonne chaux hydraulique, que l'on prend, autant que possible, à la sortie du four, ou que l'on ravive, avant de l'éteindre, en la chauffant sur une feuille de tôle, avec additions variables de sable pur, fin et bien lavé, nous ont donné de bons résultats. Nous leur ajoutons, lorsque nous le pouvons, des produits ferrugineux, tels que la ferrugine de Naples, de la limaille de fer ou de fonte.

Lorsque nous employons les ciments, nous les coulons à peu près purs pour commencer, en y mélangeant seulement la limaille de fer dès le début; puis nous ajoutons progressivement du sable, jusqu'à une proportion qui ne dépasse pas les deux tiers, en terminant l'opération. Si c'est de la chaux, nous allons jusqu'à moitié seulement. Si on a le choix entre différentes natures de sable, on devra employer, surtout en commençant, le plus fin et celui dont la densité se rapprochera le plus de celle du ciment ou de la chaux, afin d'éviter le plus possible les effets de décantation du mélange, dans le trajet qu'il a à parcourir avant d'être rendu en place.

Pour cette raison, nous croyons les ciments Portland de nature à s'associer le plus convenablement à presque tous les sables; leur densité étant de 1,4, se rapproche, comme on le voit, de celle du sable ordinaire, qui est de 1,7 environ, et en fait une des matières hydrauliques des plus lourdes.

On doit admettre qu'avec le ciment Portland on aura des chances beaucoup plus grandes pour que le mélange, se rendant à destination dans des proportions convenables, puisse se solidifier assez énergiquement. Nous avons vu des échantillons de ce ciment, coulés en rivière, acquérir au bout de quelques semaines une consistance, sinon plus grande, au moins égale à celle des marbres les plus durs. Son énergie est telle qu'on peut lui associer, dans les travaux ordinaires, jusqu'à six ou huit fois son volume de sable. Pour le sujet qui nous occupe, quatre ou cinq fois le volume doit être regardé comme un maximum que l'on fera bien de ne pas dépasser.

Comme les ciments, en général, prennent assez promptement, on ne doit les délayer, soit purs, soit avec mélanges, qu'au fur et à mesure de leur introduction dans le sondage. Il faut, surtout au commencement de l'opération, leur donner une consistance se rapprochant de la liquidité, pour ne pas former de bourrelets dans l'espace resserré qu'ils doivent parcourir.

Quelques sondeurs, au lieu de béton, se contentent de couler de l'argile derrière

les colonnes. Dans des circonstances exceptionnolles, et lorsqu'on ne peut se procurer aucune matière propre au bétonnage, on peut avoir recours à ce moyen. Nous croyons qu'on devrait alors choisir les argiles les plus pures, les dessécher, les broyer, puis les délayer dans une assez grande quantité d'eau, et lorsque la pâte est à l'état liquide, laisser reposer et décanter. Cette pâte devra être introduite dans le trou dans un état de consistance qui lui permette de couler facilement.

Peut-être obtiendrait-on encore un meilleur résultat si, après avoir soumis l'argile à une nouvelle dessiccation complète à l'air libre et l'avoir réduite en poudre fine, on la projetait ainsi dans le forage très lentement. Elle pourrait arriver au fond sans être complètement imbibée d'eau et sans avoir encore eu le temps de se gonfler. Cette propriété de se gonfler, ne se développant que lorsqu'elle serait arrivée en place, en formerait un tout homogène et très compact. »

Soins à prendre pour l'abandon d'un puits à pétrole.

Quand, par suite d'épuisement du terrain, ou pour toute autre raison, on veut abandonner un puits, il est indispensable de le boucher sur une hauteur suffisante pour empêcher que les eaux supérieures ne s'infiltrent dans les couches pétrolifères, aussitôt que les colonnes de tubes hermétiques auront été retirées. Ordinairement, on retire, autant que possible, toutes les colonnes perdues; ensuite on coupe la colonne hermétique à une dizaine de mètres au-dessus du fond, après avoir tassé des pierrailles, puis de l'argile plastique jusque dans la colonne hermétique même. Pour plus de sécurité, on enfonce un cylindre de bois dans l'argile, puis on tasse un bloc de plomb, à coups de sonde, sur la tête du cylindre de bois. Après avoir retiré la colonne hermétique et les tubes en tôle mince, on remplit le trou entièrement de boues de curage, que l'on choisit plutôt sableuses pour la partie inférieure et schisteuse pour la partie supérieure.

Difficultés particulières de forage.

La traversée des terrains présentant parfois des difficultés particulières, nous avons cru indispensable de la traiter à part.

Avec les moyens perfectionnés que nous possédons actuellement par l'emploi de la méthode de forage à courant d'eau, la traversée des sables boulants se fait rapidement si l'on a soin de faire suivre le trépan par la colonne de tubes de garantie, au fur et à mesure de l'enfoncement. Ces sables étant parfois composés d'éléments assez volumineux, on doit créer un courant d'eau très rapide qui en provoque un enlèvement facile. On intervertit alors la direction du courant, c'est-à-dire qu'au lieu d'injecter l'eau par l'intérieur des tiges de forage pour la faire ressortir par la colonne de tubes de garantie, on l'injecte par cette dernière pour la faire ressortir par les tiges. On obtient de la sorte un courant très rapide qui entraîne des graviers de plusieurs centimètres cubes de volume. Si l'on veut éviter un encombrement de la sonde par la chute des détritus en suspens au sein de l'eau, et qui retombent aussitôt que l'on interrompt le courant, on doit relever la sonde d'une certaine hauteur au-dessus du fond et injecter

de l'eau jusqu'au moment où celle-ci ressort de la sonde complètement claire. De même, quand on est obligé d'ajouter une allonge à la sonde, on doit le faire aussi rapidement que possible et n'interrompre le courant d'eau que pendant quelques secondes; il est même bon d'arrêter le battage aussi longtemps que l'eau ne sort pas des tiges presque claire, avant de couper la communication entre la pompe foulante et la sonde. Si l'on ne prenait toutes ces précautions, le sable boucherait immédiatement la partie inférieure de la sonde et l'on se verrait forcé de remonter celle-ci pour la débarrasser. La traversée d'une couche de sables devant être poussée, autant que possible, sans interruption, l'encombrement de la sonde occasionnerait une perte de temps considérable et serait la source de grandes difficultés dans la suite; car il peut arriver que la colonne de tubes de garantie soit entretemps cernée par le terrain et qu'on ne puisse ensuite plus la faire remuer. On se verrait obligé de descendre une colonne de plus faible diamètre pour pouvoir continuer l'enfoncement et de réduire les dimensions du trou de sonde trop rapidement, circonstance qui peut mettre la valeur du puits en péril.

Si, pendant la traversée d'une couche de sables, la sonde vient à casser, tout le sable en suspens dans l'eau à l'intérieur du tronçon de sonde restant sur le fond, retombe et bouche toute la partie inférieure. Pour débarrasser les tubes, des sables qui les encombrent, au fur et à mesure qu'ils arrivent au jour, on y laisse glisser une lance d'une dizaine de mètres de longueur, reliée à la pompe foulante par un tuyau en caoutchouc et avec laquelle on injecte un jet d'eau; quand une longueur de sonde correspondante à la longueur de la lance est nettoyée, on la relève et on la met de côté. On continue le même jeu pour le reste de la sonde jusqu'à ce qu'elle soit entièrement débarrassée.

L'emploi du système de forage à sonde articulée, sans courant d'eau, présente encore d'autres difficultés; car on n'a pas la faculté d'enlever les sables du fond aussitôt qu'ils sont désagrégés par le trépan. On est obligé, également, de pousser la colonne de tubes de garantie au fur et à mesure de l'enfoncement et d'enlever, sans interruption, les sables à l'aide de la soupape. On doit surtout éviter de balancer celle-ci, pour la remplir, trop longtemps, car les sables monteraient à l'intérieur de la soupape jusqu'au-dessus de son rebord supérieur et en provoqueraient un cernage énergique par leur chute entre elle et les parois du trou de sonde. On ne doit pas non plus abandonner la sonde sur le fond pendant trop longtemps; car il pourrait s'ensuivre un recouvrement du trépan par les sables en suspens au sein de l'eau, et on ne pourrait ensuite le retirer qu'avec les plus grandes difficultés.

Pour l'enlèvement des sables, il est bon d'employer une soupape à boulet disposé à environ $0^{m}50$ du bord de la frette; ce dispositif permet de ramasser les sables beaucoup mieux qu'avec la soupape à clapet ordinaire. Il faut ne relever la soupape que d'une faible hauteur et lui imprimer un mouvement rapide de va-et-vient.

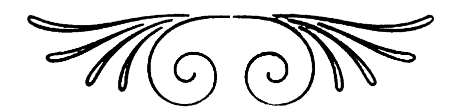
On obtient de bons résultats, pour la traversée des sables boulants, en jetant, avant de commencer le battage, des boules d'argile sur le fond. Cette argile se délaie et se mélange aux sables en formant une pâte épaisse qui ne présente pas l'inconvénient de provoquer un cernage de la sonde par recouvrement comme les sables purs.

Les couches superficielles sont souvent composées de graviers plus ou moins volumineux, enveloppés d'une gangue souvent argileuse et sans consistance. Le choc du trépan, dans un tel terrain, est de peu d'efficacité, car les graviers s'enfoncent dans l'argile et celle-ci seule se délaie dans l'eau. On obtient un avancement plus rapide

en employant des tarières que nous décrirons plus loin, ou bien encore un quatre-branches (fig. 10, pl. XXX), que l'on enfonce dans le terrain par rotation.

Dans les argiles plastiques, le forage sans courant d'eau est souvent difficile et lent, car elles se délaient très peu dans l'eau et forment sur le fond une pâte épaisse dans laquelle le choc du trépan a peu d'efficacité. On obtient de bons résultats en jetant sur le fond une certaine quantité de sable qui, en se mélangeant à la boue formée par le terrain broyé, en provoque un foisonnement plus grand dans l'eau.

Dans les grands diamètres et les terrains exceptionnellement durs, pour obtenir un avancement plus rapide, il est préférable de forer premièrement un avant-trou avec un trépan de petit diamètre et de reprendre ensuite avec le trépan au diamètre voulu. On peut également employer la méthode de forage par carottes. On comprend que, si au lieu de broyer toute la surface du fond du trou de sonde, on n'en broie qu'une faible partie, l'avancement sera beaucoup plus rapide.



DEUXIÈME PARTIE

EXPLOITATION

CHAPITRE PREMIER.

Exploitation par puits creusés à la main.

Ainsi que nous l'avons déjà dit dans la partie géologique de notre *Guide du Sondeur au pétrole*, l'exploitation du pétrole par puits creusés à la main présente l'avantage de permettre une reconnaissance parfaite de la nature et de l'allure des couches en profondeur. On peut donc employer cette méthode d'exploitation, au moins pour les premiers puits, à des profondeurs d'environ 200 mètres, dans des terrains sur l'allure desquels on n'est pas bien fixé par les travaux de prospection à la surface; si elle est moins rapide, en revanche elle est économique et ne demande pas une investition de grands capitaux.

On creuse ordinairement à la main jusqu'à la couche pétrolifère et l'on traverse ensuite celle-ci à la sonde; car, les gaz qui se dégagent des terrains, rendent le travail éminemment dangereux pour les ouvriers du fond.

Le creusage se fait, dans les terrains tendres, à la pioche et à la pelle. On donne aux pioches différentes formes suivant la nature de la roche à entailler. La pioche à rocher (fig. 11, pl. XXX) d'un poids de 2 à 3 kgs, à manche très court, tout en acier ou, au moins, à bout aciéré, sert au travail dans les grès, tandis que la pioche (fig. 15, pl. XXX), sert à entailler les schistes, sables et roches meubles. On donne encore à la pioche à rocher la forme (fig. 13, pl. XXX); elle sert à diviser les roches et ensuite à les briser. On peut employer une pioche à deux pointes (fig. 12, pl. XXX), dont l'une sert à entailler les grès et l'autre les schistes; mais elle présente l'inconvénient d'être trop pesante et trop encombrante dans les puits dont le diamètre ne dépasse pas un mètre.

Le travail dans les grès amène une usure rapide de la pointe des pioches ; on doit souvent passer celles-ci à l'affûtage. Comme l'ouvrier ne peut emporter au fond du puits plusieurs pioches, dont la présence le gênerait dans ses mouvements, et comme on n'a pas toujours une forge à proximité où l'on pourrait facilement les affûter, on construit souvent les pioches en deux pièces (fig. 14, pl. XXX), dont l'une, la travaillante, se visse dans l'autre. L'ouvrier travaillant au fond peut emporter un nombre

plus ou moins grand de pointes de rechange ; aussitôt que l'une est émoussée, il la dévisse au moyen d'une clef et la remplace par une autre.

On rencontre dans les terrains des couches de grès très dur qui ne se laissent que difficilement entailler à la pioche et dans lesquelles l'avancement du travail est très lent. On a recours alors à la poudre ou à la dynamite pour les faire sauter en éclats.

A l'aide de la barre à mine (fig. 16, pl. XXX), tout en acier ou à bout et tête aciérés, on fore des trous cylindriques à des endroits convenables dans la roche du fond et dans lesquels on place une cartouche par-dessus laquelle on chasse une bourre. Les charges de dynamite ou de poudre sont calculées pour la profondeur des trous de mine et pour la dureté de la roche.

On creuse les trous de mine en frappant sur la barre à l'aide d'une masse de deux kilogrammes environ et en faisant, à chaque coup, tourner la barre d'une certaine quantité. On verse dans le trou un peu d'eau pour amener un délaiement des détritus produits par le travail de l'outil dans la roche. Quand la boue devient trop épaisse, on l'enlève à l'aide d'une curette (fig. 17, pl. XXX), qui est une barre de fer plat ménagée en cuillère à son extrémité inférieure, ou encore à l'aide d'une petite cuillère à boulet telle qu'on l'emploie dans les travaux de sondage à grand diamètre.

Quand le trou de mine est foré à la profondeur voulue, on le nettoie bien et on l'assèche au moyen d'un tampon d'étoupe passé dans l'anneau de la curette ; on place ensuite la cartouche au fond du trou après l'avoir munie d'une fusée si c'est de la poudre, ou d'une capsule détonnante si c'est de la dynamite ; on tasse sur la cartouche soit de l'argile à l'aide du bourroir (fig. 18, pl. XXX) ou du sable. Si c'est de la poudre, il suffit de mettre le feu au bout de la fusée, qui dépasse de $0^{m}25$ à $0^{m}30$ en dehors du trou de mine pour amener l'explosion ; la fusée brûlant avec une vitesse assez faible, l'ouvrier a le temps de se faire remonter d'une hauteur convenable au-dessus du fond pour éviter les effets de l'explosion. Si c'est de la dynamite, après que la cartouche a été mise en place, on réunit les deux fils du détonateur qui dessortent du trou de mine à deux fils qui viennent de la surface, fixés aux parois du puits, et par lesquels on fait passer un courant électrique qui amène l'explosion de la dynamite. Pour éviter une explosion prématurée, avant que l'ouvrier du fond soit remonté à la hauteur voulue, on scinde un des deux fils conducteurs en deux parties à la hauteur où l'ouvrier se fait ordinairement remonter. Quand l'ouvrier est remonté à l'endroit où se trouve la solution de continuité du fil, il rapproche les bouts de celui-ci, soit à l'aide d'un bouton de contact, soit en les enroulant l'un sur l'autre; alors seulement il donne le signal de décharge électrique.

On comprend que l'emploi des explosifs n'est possible qu'aussi longtemps qu'il n'y a pas de gaz inflammables dans le puits. Aussitôt que l'on atteint les terrains pétrolifères, cette méthode de travail devient impossible vu le danger d'incendie.

Pour aérer le fond du puits, on emploie des ventilateurs ou des soufflets analogues aux soufflets de forge, avec lesquels on chasse un courant d'air par un tube en fer ou en bois placé dans un des coins du puits et dont le bout inférieur se trouve à un mètre environ au-dessus du fond. Ces ventilateurs ou soufflets sont ordinairement mus à la main.

Pour la remonte des ouvriers et des matériaux, on emploie un bourriquet à manivelles (fig. 1, pl. XXXI) que l'on place au-dessus du puits, desservi ordinairement par quatre ouvriers. Une cordelette en fil d'acier de $0^{m}010$ de diamètre s'enroule sur le tambour et soutient un petit cuffat par l'intermédiaire d'un moraillon à vis. On se sert encore

d'un manège à chevaux (fig. 2, pl. XXXI), qui se compose d'un tambour vertical muni de bras de leviers *B C* auxquels on attache un ou deux chevaux. Le diamètre du tambour est calculé pour le poids à soulevor et la force dont on dispose. La corde part du tambour et passe sur une poulie *D* attachée à un chevalet, de là va à la poulie du trépied dressé dans l'axe du puits. Le tambour *A*, pour la descente du cuffat, peut tourner librement sur son axe ; il suffit de débrayer l'embrayage à dent *E*, à l'aide d'un levier *F*, que l'on manœuvre d'en bas à l'aide d'une corde et qu'un ressort tend à tenir levé ; un frein *G* sert à modérer le mouvement de descente.

L'éclairage du fonds du puits s'obtient à l'aide de lampes de sûreté, dont il existe plusieurs types et pour l'étude desquelles je renvois le lecteur aux traités d'exploitation des mines de houille.

Afin d'éviter l'éboulement des parois, on garnit celles-ci, au fur et à mesure de l'enfoncement, d'une couverture venant de bois ronds très solides. La pression des terrains atteignant parfois des valeurs énormes, le boisage des puits doit être particulièrement soigné si l'on veut sauvegarder la vie des ouvriers travaillant au fond et la réussite du puits. Il arrive parfois que, sous la poussée des terrains, les boiseries, malgré leurs dimensions que l'on croirait exagérées, s'écrasent brusquement. L'armature des puits ne saurait donc jamais avoir des proportions exagérées.

La section des puits est ordinairement carrée, de $1^{m}50$ environ de largeur; mais quand les terrains sont très ébouleux, on leur donne une section hexagonale qui permet de réunir, pour le boisage, des pièces de bois plus courtes et qui présenteront, par conséquent, une résistance plus grande à la pression latérale. La longueur des pièces ne doit pas dépasser cinq à six fois leur diamètre, si l'on veut éviter leur flexion; dans les terrains difficiles, cette proportion doit être réduite de plus de moitié.

Les bois doivent être écorcés avec soin avant leur emploi, car les parties d'écorce adhérentes amènent leur altération et en diminuent la durée; ils doivent, autant que possible, être employés ronds et entiers. Les plus jeunes sont les meilleurs; les vieux, étant moins compacts, sont perméables à l'eau et pourrissent rapidement.

Le chêne et le sapin rouge sont les bois les plus résistants; viennent ensuite le hêtre, le pin et le sapin blanc.

Pour empêcher l'eau de s'infiltrer dans le tissu des bois, il faut y faire le moins de coupures possible. Celles qu'on est obligé d'y faire doivent être recouvertes, dans les assemblages, par les parties adjacentes. On ne doit travailler le bois qu'à la hache ou à l'herminette, ou du moins, on doit recouper les surfaces sciées avec un instrument tranchant, car les traits de scie laissent des surfaces inégales et spongieuses qui retiennent les eaux. Les encastrements des pièces sont ordinairement en queue d'aronde.

Si l'on emploie des bois refendus, c'est-à-dire demi-cylindriques, on doit toujours tourner la face fendue vers la roche.

Quand on atteint les terrains pétrolifères et que le travail à la main au fond devient trop dangereux, on passe au travail à la sonde. Pour cela, on descend une colonne de tubes dans le puits, après avoir préalablement garni le fond d'un entonnoir en bois qui amènera le tube juste au centre du puits. On soutient la colonne de tubes par la tête, de manière qu'elle ne ploie pas sous son poids, à l'aide de serre-tubes qui reposent sur le plancher du dispositif de forage. Le sondage se fait ensuite par les moyens ordinaires.

CHAPITRE II.

Exploitation par sondages.

Suivant la nature des terrains à traverser et la profondeur que l'on veut atteindre, on commence les sondages avec un diamètre plus ou moins grand. Quand on fait les recherches dans un terrain inconnu en profondeur, il est toujours prudent de commencer avec un très grand diamètre, quitte, arrivé à une certaine profondeur, à le rétrécir brusquement si l'on juge que la nature des terrains ne réservera pas trop de difficultés dans la suite de l'enfoncement.

On emploie comme tubages, jusqu'à la profondeur où l'on a l'intention de fermer les eaux, des tubes en tôle de deux ou trois millimètres d'épaisseur, pour la fermeture des eaux des tubes à vis en fer ou en acier étiré. Les tubes que l'on emboite dans la colonne hermétique sont ordinairement aussi en fer ou en acier étiré et recouvrent le sondage du haut en bas. On peut, de la sorte, les manœuvrer et les faire filer au fur et à mesure de l'enfoncement.

Tant qu'on travaille dans les tubes en tôle mince, on emploie le trépan ordinaire et aussitôt qu'il se forme des éboulements, on tube en colonne perdue. Dans les terrains très difficiles, et quand on désire conserver le diamètre du trou de sonde aussi grand que possible, on tube également avec les tubes en tôle du haut en bas et on les fait filer en travaillant au trépan excentrique. Cependant on ne peut espérer pouvoir les faire filer sur de très grandes hauteurs, car, avec la surface de recouvrement, augmente la résistance des tubages au balancement, et l'on pourrait craindre un déboitage de l'un ou de l'autre tube. Dans les terrains faciles à traverser, on emploie toujours le trépan ordinaire et l'on ne tube qu'après avoir enfoncé d'une certaine hauteur et quand on craint trop le danger de recouvrement de la sonde par des éboulements. Dans les terrains difficiles, au contraire, on ne fore que très peu avec le trépan ordinaire et on travaille constamment au trépan excentrique, quoique l'avancement soit moins rapide qu'avec le trépan ordinaire, et on fait filer les colonnes de tubes à vis aussi loin que possible au fur et à mesure de l'enfoncement.

Dans les terrains plastiques, argileux, il est mieux de travailler avec très peu d'eau dans le trou de sonde. Les argiles ne se gonflent pas par imbibition et ne cernent pas les colonnes de tubes. Dans les grès et les schistes sableux, compacts, il est mieux, au contraire, de garder le sondage plein d'eau. Par la pression de celle-ci, les terrains tiennent mieux en place et ne s'éboulent pas si facilement.

Ordinairement, à une certaine hauteur au-dessus des couches pétrolifères, on ren-

contre des couches de grès tendre, renfermant des masses plus ou moins grandes de gaz et qui se dégagent plus ou moins abondamment. La pression de ces gaz est parfois si grande qu'ils arrivent à contrebalancer la pression des eaux et que, par entraînement, ils rejettent celles-ci entièrement du trou de sonde : celui-ci reste complètement sec. Comme on ne peut fòrer à sec, on se voit forcé d'avoir recours à certains artifices pour remplir le trou de sonde de suffisamment d'eau pour pouvoir continuer l'enfoncement.

Quand la première fureur de dégagement des gaz s'est calmée, on peut essayer de remplir le trou plein d'eau en descendant une colonne de tubes de faible diamètre jusqu'à fond et en chassant de l'eau par l'intérieur à l'aide d'une pompe foulante puissante. Le courant des gaz entraîne bien au commencement toute l'eau qu'on verse dans le trou de sonde, mais se chargeant de plus en plus d'eau sur toute la hauteur du sondage, il finit par perdre de sa force et être vaincu par le poids de l'eau.

Si ce moyen ne réussit pas, le courant des gaz étant trop violent, on peut descendre un peu d'eau sur le fond à l'aide de l'appareil à descendre le ciment (fig. 7, pl. XXX), ou bien à l'aide d'une cuillère munie d'un clapet à ressort (fig. 3, pl. XXXI), et l'on fore ensuite d'une certaine hauteur. Ce clapet (fig. 3, pl. XXXI), se compose d'une plaque *a* sur laquelle est rivé un guidonnage *b*; une seconde plaque *c*, munie de deux tiges faisant ressort *d*, *e* et d'une rondelle de cuir *f*, ferme l'ouverture de la plaque *a*; les tiges *d*, *e* viennent prendre dans le guidonnage *b* par des griffes *g*, *h*; une tige *i*, munie d'un bourrelet *j*, glisse à frottement doux dans la rondelle de cuir *f* et le guidonnage *b*; deux ressorts en lames *k l* sont rivées sur le guidonnage *b*. Le clapet est placé dans la cuillère comme le montre la figure; on remplit ensuite la cuillère d'eau; quand le bout de la tige *i* touche le fond, celle-ci est repoussée vers le haut, le bourrelet *j* écarte les deux branches *d e* qui se décrochent, tandis que la bague *m* soulève la plaque *c*; en continuant son mouvement, le bourrelet *j* vient s'accrocher aux ressorts *kl* et y reste suspendu; la plaque *c* reste suspendue sur la bague *m*, tandis que l'eau s'écoule de la cuillère. Aussitôt que le trépan aura dépassé la couche de terrains gazeux, l'enfoncement reprendra sa marche normale. Le courant de gaz continuera bien à enlever toute l'eau qui surmontera la couche gazeuse, mais n'aura aucune influence sur celle qui sera en dessous.

Afin d'éviter tout danger d'incendie de gaz sortant du trou de sonde par suite d'une étincelle qui pourrait provenir du choc de la sonde, soit sur le bord des tubages, soit sur le fer du banc de manœuvres, il est bon de maintenir les objets en fer dans une forte humidité ou même de les graisser abondamment. Pendant le battage, on peut garnir la colonne hermétique d'une tête de tubes à bourrage, telle qu'on l'emploie pour le système de forage à courant d'eau et conduire le courant de gaz au dehors du sondage. Pendant les manœuvres, on ne peut maintenir le trou de sonde fermé; c'est ici surtout que doit intervenir l'humidité ou le graissage abondant.

Quand on possède un fort ventilateur ou une pompe à air puissante, on peut chasser ou aspirer le courant de gaz au dehors en employant le dispositif que montre la figure 4, pl. XXXI. Si l'on use d'un ventilateur, on emploie un pot *A* à deux tubulures *BC* dont l'ouverture correspond au diamètre de la colonne de tubes sur laquelle on le fixe. On chasse un courant d'air par la tubulaire *B* dans la tubulaire *C*; le courant d'air coupe le courant de gaz et l'entraîne au dehors. Si l'on

possède deux ventilateurs, on fait agir l'un des deux par pression sur la tubulure *B* et l'autre par aspiration sur la tubulure *C*. On obtient de la sorte un violent appel du gaz qui empêche celui-ci de s'épandre dans le sondage, d'incommoder les ouvriers et d'être une grande cause d'incendie.

Si l'on possède une pompe à air puissante, on emploie un pot à une tubulure et par aspiration on entraîne le courant des gaz à l'extérieur du sondage, ou on le refoule dans les chaudières à vapeur pour être brûlé.

Dans certains terrains, les couches pétrolifères donnent des jaillissements de pétrole plus ou moins violents par l'entraînement des gaz. Le pétrole est parfois accompagné de sables, de pierres en quantité plus ou moins grande. Ordinairement ces jaillissements se produisent à l'improviste, au moment où le trépan pénètre dans la partie la plus riche de la couche, ou encore quand, après avoir enlevé la plus grande partie des eaux et des boues que contenait le trou de sonde, la pression des gaz renfermés dans les terrains surmonte la pression des eaux qui restent encore. Si l'on n'a pas pris ses précautions au préalable, c'est-à-dire établi des réservoirs assez grands, préparé une fermeture automatique du puits, la quantité de pétrole qui peut se perdre peut devenir des plus sérieuses. Il est donc bon, quand on approche des couches pétrolifères, que tout soit prêt pour parer aux jaillissements de pétrole qui pourraient se produire.

Quand on se trouve pris au dépourvu et que le puits n'est muni d'aucune fermeture automatique, on se contente de faire des fouilles tout à l'entour du puits et d'y laisser couler le pétrole que l'on pompe ensuite dans des réservoirs en bois ou en fer à l'aide de pompes. Si l'on ne possède aucun réservoir, et que la nature et la disposition du sol ne permettent pas de faire des réservoirs en terre on se voit forcé de boucher le puits par n'importe quel moyen si l'on ne veut pas perdre tout le pétrole jailli.

En de telles circonstances, on est souvent embarrassé, car la violence du courant de pétrole est telle, la quantité de gaz dégagée du trou de sonde est si grande que l'on ne peut approcher de celui-ci sans courir de grands dangers d'asphyxie. Si le jaillissement du pétrole est accompagné de rejet de sables et de pierres, qui sont parfois projetées à une très grande hauteur, on risque, en dehors de l'asphyxie, de se faire tuer par la chute des pierres ou d'être englouti par les sables. En dehors de tous ces dangers existe encore le plus terrible : l'incendie. Si, au moment où les jaillissements de pétrole se produisent, il existe un foyer quelconque dans le voisinage, les gaz viennent s'y enflammer et en un éclair tout est en feu. Le pétrole enflammé coule dans toutes les directions et met le feu à tout ce qu'il rencontre. Par la chaleur dégagée, on ne peut approcher du puits incendié à une distance considérable, et bien souvent ce n'est que quand les jaillissements de pétrole ont cessé, soit que le trou de sonde s'est obstrué, soit pour toute autre cause, et après que tout le pétrole jailli s'est consumé entièrement que l'on peut songer à gagner le sondage.

Il s'est présenté des cas en Russie où, pour maitriser des puits incendiés qui donnaient du pétrole par jaillissement depuis de longues semaines, et qui menaçaient de ruiner toute la région, on fut forcé de creuser une galerie souterraine sur une très longue distance pour aller couper les tubages dans le trou de sonde à une certaine profondeur et offrir une nouvelle issue au courant du pétrole.

Quand les jaillissements de pétrole ne sont pas trop violents, et que l'on peut

approcher du sondage sans trop de danger, on peut employer, pour boucher le trou de sonde, un bloc de bois conique que l'on attache à une solide pièce de bois d'une longueur suffisante. On fixe une extrémité de la pièce de bois, à l'aide de solides cordes ou chaînes sur la boiserie du treuil, ensuite on soulève l'autre extrémité et l'on coiffe le trou de sonde du bloc de bois, en ayant soin d'appuyer énergiquement le levier sur le tube en y suspendant un poids suffisant.

Au lieu d'un bloc de bois, on peut encore employer un bout de tube d'une longueur convenable et du même diamètre que celui de la colonne des tubes fermant les eaux (fig. 5, pl. XXXI). On aplatit un bout de ce tube *A*, on y soude une barre de fer rond, d'une certaine longueur *B*, en ayant soin de ménager une embase *C* à hauteur convenable. On rive sur le tube un collet fileté *D* qui permettra de le raccorder à une conduite de tuyaux. On fait passer la barre de fer rond dans un trou ménagé dans la pièce de bois *E*, et on cherche à visser le tuyau sur la colonne en laissant la pièce de bois s'appuyer sur l'embase. Si l'on réussit à le visser, il suffit ensuite de le raccorder à une conduite de tubes qui conduira le pétrole dans un réservoir. Si l'on veut boucher complètement le puits, on peut, avant de visser le bout de tube, le munir d'un robinet que l'on ferme et ouvre à volonté.

Parfois le rebord supérieur de la colonne hermétique est plus ou moins détérioré, et l'on ne peut songer à y visser un bout de tube quelconque; il faut donc avoir recours à un autre moyen. Une simple plaque *A* (fig. 6, pl. XXXI), munie d'un tuyau *B* fermé par un robinet *C*, peut quelquefois suffire. On passe le tuyau *B* dans la pièce de bois *D* et l'on presse la plaque *A* sur le tube hermétique *E*. Pour renforcer le serrage, on passe une bride sur la plaque *A* et que l'on réunit à un collier serré sur la colonne hermétique par des boulons. On comprend que, pour obtenir un joint plus ou moins hermétique de la plaque sur le tube, on intercale entre le rebord de celui-ci et la plaque une feuille de caoutchouc ou de cuir.

Evidemment, les moyens de fermer un puits jaillissant doivent être différents suivant les cas qui se présentent. Tout cela dépend de la force du jaillissement, de la plus ou moins grande pureté du pétrole et de la nature des gaz qui se dégagent. Quand les jaillissements ont lieu par intermittences plus ou moins longues, il est facile de fermer le puits pendant un arrêt de l'éruption; mais quand le jet de pétrole est continu, on a souvent les plus grandes difficultés à appliquer un moyen quelconque de fermeture, et ce n'est qu'après bien des essais que l'on parvient à se rendre maitre du courant de pétrole.

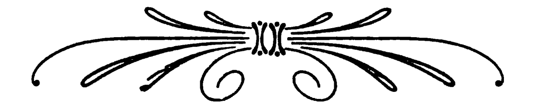
Si le pétrole est mélangé de sable, celui-ci par son frottement use si rapidement le fer ou la fonte de la fermeture du puits, qu'en quelques jours, même en quelques heures, des plaques épaisses de fer ou de fonte sont percées de part en part, complètement rongées. On est donc souvent forcé de recommencer le travail de captage du pétrole et si, après avoir maîtrisé les éruptions, on n'a pas soin de préparer des réservoirs assez grands pour recueillir toute la production du puits, on se retrouve devant les mêmes embarras qu'au moment des premiers jaillissements.

Quand on prévoit des jaillissements violents du pétrole d'un trou de sonde nouveau, on munit préalablement celui-ci d'une fermeture automatique que l'on fait fonctionner au premier jet du pétrole.

Il existe différents systèmes de fermeture automatique qui donnent tous de bons résultats; nous décrirons celui qui est le plus employé.

Elle se compose (fig. 7, pl. XXXI) d'une bague *a* qui se visse sur la tête de

la colonne de tubes ; un pot *b* à deux tubulures *c d* s'accroche à la bague *a* par un joint à bayonnette (fig. 8); deux tiroirs *e f* en trois pièces ferment l'ouverture du pot *a* par le simple jeu du levier à main *g;* les tiroirs *e f* s'encastrent l'un dans l'autre de façon à obtenir une fermeture parfaitement hermétique. Ils sont de plus munis d'un évidement convenable qui permet d'envelopper étroitement la sonde si une éruption de pétrole se produit pendant le battage. Afin de pouvoir facilement balancer les tubes sans pour cela être obligé de dévisser la fermeture automatique, on saisit la bague à l'aide d'un étrier *h*. Cet appareil très simple fonctionne admirablement bien et ne laisse passer aucune goutte de pétrole, même pendant la plus forte éruption de pétrole



CHAPITRE III.

DU POMPAGE DU PÉTROLE

Pompes à Piston.

Tous les puits en exploitation n'étant pas jaillissants, il s'en faut de beaucoup, on est obligé d'employer des pompes aspirantes et élévatoires que l'on descend dans le trou de sonde jusqu'à une certaine hauteur au-dessus du fond et avec lesquelles on élève le pétrole jusqu'à la surface.

Suivant la production des puits, on emploie des tubes de 1 3/4″, 2″, 3″ et 4″, sur lesquels on visse le cylindre de pompe proprement dit et dans lesquels on descend la tringle du piston. Une tête de pompe est vissée sur la colonne de tubes, fait joint sur une tige de diamètre convenable, vissée sur la tringle du piston, et est reliée à une conduite de tubes qui amène le pétrole pompé dans un réservoir.

Il existe un grand nombre de systèmes de pompes proprement dites qui ont donné des résultats plus ou moins satisfaisants. Fidèles à notre méthode, nous ne décrirons que celles que la pratique nous a démontré les meilleures, et nous passerons sous silence celles qui, dans certaines conditions favorables, ont rendu des services, mais dont l'emploi ne peut s'appliquer au pompage du pétrole de toutes les formations de terrains.

Pompe à piston en acier (fig. 1, pl. XXXII). — Elle se compose d'un cylindre *A* en fonte ou, de préférence, en acier armé d'une sucette *B*; un piston creux *C* provenant d'un tube en acier, terminé par les deux soupapes à boulet *D E* (fig. 2) glisse à frottement doux dans le cylindre *A*. Une soupape de retenue *F*, également à boulet, est glissée dans le fond du cylindre et repose sur une rondelle de fer saisie entre le bout du cylindre et le bout de la sucette dans le manchon de raccord. La figure 15 montre la forme des sièges des boulets.

Cette pompe est très simple, mais demande un ajustage soigneux. La grande difficulté de fabrication réside dans le tournage du piston qui doit être d'un diamètre égal sur toute sa longueur et doit fonctionner dans le cylindre sans trop de serrage et sans trop de jeu. Pour le pompage d'un pétrole pur, non chargé de matières usantes, son emploi est d'une longue durée; cependant elle présente des inconvénients assez sérieux qui amènent à lui préférer d'autres pompes aussi simples.

Ainsi quand le piston a subi la plus légère usure, il n'aspire plus qu'une certaine partie du pétrole produit par le puits. Comme cette usure est insensible, l'exploitant est facilement induit en erreur sur la valeur de production de son puits ; car il croit que c'est la force de production qui a baissé quand c'est la pompe qui

n'aspire pas tout le pétrole produit. Si, pour une cause quelconque, il remonte sa pompe et en descend ensuite une nouvelle, il s'aperçoit, seulement alors, d'où provient la baisse de production. Ensuite pour remettre une telle pompe en bon état, il faut non seulement remonter le piston, mais encore toute la pompe entière pour changer le cylindre, ce qui demande beaucoup de temps. Quand le travail de remonte de la pompe se fait à la machine, ce n'est encore qu'un demi-mal, mais quand cette remonte se fait à la main, la perte de temps et de production est réellement sensible.

Pour que l'emploi de cette pompe rende de réels services dans une exploitation, il faut qu'il y ait une machine à vapeur constamment sous la main, et avec laquelle on puisse opérer rapidement l'échange de la pompe usée contre une nouvelle, et ensuite, il faut qu'il y ait un tour, conduit par un ouvrier habile, pour l'ajustage des pistons dans les cylindres. Cela demande donc un investissement de capital qui n'est pas toujours en rapport avec la valeur de l'exploitation.

Pour obtenir une aspiration suffisante, il faut imprimer un mouvement rapide de pompage au piston et lui donner une grande course. Il faut donc encore avoir une machine assez forte pour donner la force voulue.

Tous ces inconvénients ont limité forcément l'emploi des pompes à piston en acier et ce n'est que dans les exploitations pourvues d'un matériel abondant qu'elles sont encore employées.

Pompe à piston en acier et bourrage simple (fig. 3, pl. XXXII). — Pour obvier à l'usure plus ou moins rapide du piston en acier, on munit parfois le cylindre d'une boite à bourrage qui se compose d'un tuyau *A*, garni intérieurement d'un filet, ce qui permet à un écrou *B* de serrer le bourrage, venant ordinairement de chanvre, sur le piston. Une clavette *C*, fixée à hauteur convenable au travers de la tringle, vient se cacher dans une rainure pratiquée à même l'écrou *B*, ce qui permet en imprimant, de la surface, un mouvement de rotation dans le sens convenable à la tringle de serrer l'écrou sur le bourrage suivant les besoins.

Cette pompe est d'un emploi très pratique, mais présente aussi l'inconvénient de nécessiter la présence d'un moteur mécanique pour la remonte si l'on ne veut pas perdre trop de temps et de production.

Avec un bourrage, le piston conserve son étanchéité dans le cylindre plus longtemps; mais si, sous ce rapport, on est plus tranquille, l'usure des boulets et de leurs sièges force quand même de remontrer plus ou moins souvent la pompe entière pour la remettre en ordre. Si le pétrole contient la moindre impureté, les boulets ne reposent plus entièrement sur leur siège, et le liquide, sous toute sa pression, repasse entre les boulets et leur siège et ronge ceux-ci insensiblement; il s'y forme des trous et la pompe ne fonctionne plus.

Pompe avec piston en acier, bourrage et ressort, système Petit. — Pour obtenir une étanchéité plus parfaite et plus régulière du piston dans le bourrage, j'ai modifié la pompe, plus haut décrite, en intercalant un ressort de force convenable entre le bourrage et l'écrou de pression. Ainsi que le montre la figure 4, pl. XXXII, le cylindre *A* est surmonté d'une boite à bourrage *B* qui se raccorde directement à la colonne de tuyaux. Le piston *C*, d'une longueur de $1^{m}50$ environ, glisse à frottement doux dans le cylindre. Le bourrage se compose premièrement de quelques rondelles de cuir à la partie inférieure, puis de fil de laiton tendre enroulé légèrement à l'entour du piston sur une hauteur de $0^{m}05$, ensuite de fines lanières de cuir tressées et enroulées également à l'entour du piston. Sur le bourrage se place un

presse-étoupe *D* sur lequel un ressort en acier ou en laiton, de section cylindrique ou carrée, est enroulé et pressé par l'écrou *E*. Une clavette *F*, fixée au travers de la tringle du piston à une hauteur convenable, vient se cacher dans une rainure pratiquée dans le rebord supérieur de l'écrou *E*. La pompe est descendue toute montée; ensuite on descend la tringle que l'on visse sur le piston. Afin de pouvoir s'assurer si le piston est relié à la tringle, une bague *G*, saisie entre les bouts des tuyaux *H I*, dans le manchon fileté *J*, limite la course de la clavette *F* en hauteur.

Cette pompe fonctionnerait indéfiniment, car le bourrage est presque inusable n'étant serré que de la quantité voulue et cela automatiquement, si les sièges des boulets ne se rongeaient pour le motif indiqué plus haut. Son emploi demande également la présence d'un moteur mécanique.

Pour prolonger la durée des sièges des boulets, on les fait bien aussi étroits que possible; on les rode bien et on les fait venir d'acier très dur et trempé; de même on n'emploie que des boulets en acier très dur, bien calibrés. Mais, cependant, leur détérioration est encore trop rapide, et les réparations de la pompe sont encore trop fréquentes.

Pompe avec piston en acier et cylindre à cercles extensibles (fig. 5, pl. XXXII). — On emploie aussi parfois une boîte à bourrage, garnie de segments en bronze phosphoreux qui se resserrent automatiquement sur le piston, et maintiennent l'étanchéité de celui-ci. Cette pompe fonctionne bien tant que les segments ne prennent pas trop de jeu dans la boîte à bourrage, mais, aussitôt que les segments sont un peu libres, le liquide circule entre eux et l'étanchéité devient nulle. Ensuite elle présente le même inconvénient que les pompes décrites plus haut : d'exiger sa remonte entière si les sièges des boulets se détériorent.

Pompe avec piston à cercles extensibles. Système Laporte. — Le piston est garni de segments en bronze phosphoreux faisant ressort (fig. 6 et 16, pl. XXXII).

Les soupapes sont pressées sur leur siège par des ressorts à boudins. L'usure des segments est très rapide, partant l'entretien très coûteux; ensuite quand les segments prennent un peu de jeu par suite du mouvement de pompage, l'étanchéité du piston dans le cylindre est détruite et la pompe ne fonctionne plus.

Pompe avec piston en acier fixe. Système Neumann. — Afin d'obtenir une décantation des matières usantes, suspendues au sein du liquide pompé, M. Neumann a inventé la pompe (fig. 7. pl. XXXII). Elle se compose d'un tuyau *A* supportant un piston creux en acier *B* à demeure fixe. Ce piston est surmonté d'une soupape à boulet *C*. Un second piston *D* enveloppe à frottement doux le piston *B* et porte également une soupape à boulet à son extrémité supérieure. Les matières usantes se décantent entre le piston *D* et le tuyau *A*.

Cette pompe présente également de sérieux inconvénients. Premièrement, elle est coûteuse d'entretien; ensuite, quand l'intervalle qui sépare le piston *D* du tuyau *A*, se remplit de sable, le piston bute sur ce sable et perd insensiblement de sa course jusqu'à ne plus pouvoir fonctionner. De plus, pour la moindre réparation, il faut remonter toute la pompe, ce qui entraîne encore à de grandes pertes de temps et de production.

Pompe avec piston à manchettes en cuir (fig. 8, pl. XXXII). — Cette pompe est encore la plus simple et celle qui donne, somme toute, les meilleurs résultats. Le cylindre est en acier dur parfaitement calibré; le piston est en bronze garni de bagues, portant des manchettes en cuir; les boulets et les sièges de ceux-ci sont en acier très dur et trempé. Le piston porte un tenon fileté qui se visse dans la partie supérieure de la ventille de retenue.

Quand les cuirs sont trop usés ou que les sièges des galets sont rongés, on renvisse le piston sur la ventille de retenue en imprimant à la tringle du piston un mouvement de rotation dans le sens convenable, et on les remonte par l'intérieur des tubes de soutien de la pompe. Le cylindre est toujours d'un diamètre d'environ 0m005 plus petit que celui de la colonne de tubes de soutien; de cette façon, le piston peut facilement être remonté. Après avoir réparé le piston et la soupape de retenue, on jette premièrement celle-ci dans la pompe; elle va directement, sous son poids, se placer au fond du cylindre sur sa rondelle de soutien; ensuite, on descend le piston sur la tringle. Ce travail de réparation est rapide et ne demande pas la remonte, si onéreuse, de toute la pompe. On ne remonte la pompe que pour changer le cylindre qui, à la longue, finit par s'agrandir à l'endroit où fonctionne le piston. Les cuirs, par imbibition, se gonflent bien au diamètre de la partie agrandie du cylindre; mais quand on veut remonter le piston, on n'y parvient plus ou, du moins, qu'avec de grandes difficultés, car les cuirs se rebroussent sur eux-mêmes quand ils arrivent à la partie supérieure plus étroite du cylindre.

Cette pompe ne demande pas, pour bien fonctionner, une grande course et une grande rapidité de pompage, car les cuirs, restant constamment appliqués sur la paroi du cylindre par la pression du liquide, conservent leur étanchéité jusqu'à usure complète. Avec une course de 0m10 à 0m15 et 10 à 15 coups de piston par minute elle fonctionne encore très bien. Pour l'épuisement des puits à petite production, cette pompe est préférable à toute autre, car, en donnant une petite course au piston et en ne donnant qu'un petit nombre de coups de piston par minute, elle peut fonctionner jour et nuit sans arrêt, et épuiser la venue du pétrole au fur et à mesure qu'elle se produit, sans pour cela user inutilement la pompe et demander l'emploi d'une grande force.

Avec des pompes de cette nature, on peut, avec une seule machine, pomper un bien plus grand nombre de puits qu'avec les autres pompes, car la force absorbée par chacune d'elles est réduite au minimum.

Pour fabriquer les manchettes en cuir, on emploie la méthode suivante :

On découpe premièrement une rondelle de cuir du diamètre voulue; on y perce un trou au centre, de grandeur convenable; on la trempe dans de l'eau chaude savonnée pour l'attendrir; ensuite, on la place sur un tampon en fer sur lequel on la serre à l'aide d'un écrou et d'une bague en fer garnie de dents. Pour lui donner la forme voulue, on la presse entre un étau, dans une bague soigneusement tournée, à un diamètre égal au diamètre du cylindre de pompe. Il suffit ensuite de la sécher et d'en égaliser les bords à l'aide d'une pointe tranchante sur un petit tour à main.

Pompe avec piston à bourrage. — On a aussi employé la pompe (fig. 9, pl. XXXII), dont le piston est garni d'un toron de corde en chanvre; mais son emploi a été vite abandonné, car la destruction du chanvre était trop rapide.

La partie inférieure du piston peut se visser sur le tube central de celui-ci en la faisant poser sur la tête de la soupape de retenue, et en faisant tourner la tringle dans le sens convenable; par son serrage, elle amène un tassage du chanvre sur lui-même et, par conséquent, une plus grande étanchéité du piston dans le cylindre.

Pompe à piston avec soupape à gaz (fig. 10, pl. XXXII). — Dans les puits à grand dégagement de gaz, le fonctionnement des soupapes est fortement entravé, à tel point qu'il est difficile de faire fonctionner une pompe quelconque d'une manière satisfaisante. Pour remédier à cet inconvénient, on ajoute au piston une soupape dite

« à gaz ». Elle se compose d'un cylindre *a*, garni d'une manchette en cuir *b*, glissant sur la tige à section triangulaire *c*, et faisant joint, par son rebord inférieur, sur la base d'arrêt *d* de la tige *c*. La manchette de cuir, glissant à frottement plus ou moins dur dans le cylindre de pompe, le cylindre *a*, ou soupape à gaz, est maintenu appliqué sur la base d'arrêt de toute cette résistance de frottement; le courant des gaz ne peut donc plus entraver le fonctionnement des soupapes, qui, d'automatique devient commandé. La soupape à gaz présente seulement l'inconvénient de perdre rapidement son étanchéité par le rongeage de son siège de retenue, car, par le fait même que son fonctionnement est commandé par le jeu de la tringle du piston, c'est elle seule qui soulève toute la colonne de liquide et supporte donc toute la fatigue.

Pompe pour liquides épais. Système Petit. — Dans certaines formations, le pétrole, par sa grande contenance en parafine, est tellement épais qu'il est presque impossible de le pomper. Les soupapes s'obstruent rapidement par la parafine et ne fonctionnent plus.

La pompe (fig. 11, pl. XXXII) donne, en ce cas, les meilleurs résultats. Elle se compose d'un piston *A*, garni de manchettes en cuir, et qui joue librement sur la tige centrale *B*, à section triangulaire, en faisant joint par la base d'arrêt *C*. Un trou central est percé en longueur de la tige *B* et emboîte une tringle *D*, de diamètre convenable, fixée au boulet de la soupape de retenue *E*. Cette tringle *D* porte à son extrémité supérieure un petit piston, garni de rondelles de cuir *a*, et qui glisse, à frottement doux, dans un petit cylindre *b*, vissé sur la tête du piston *A*. On comprend, à simple vue de la figure, le fonctionnement de cette pompe : quand le piston *A* descend, sa soupape s'ouvre par la simple résistance au frottement des manchettes de cuir dans le cylindre, tandis que le boulet *E*, de la soupape de retenue, est appliqué sur son siège par la résistance au frottement que rencontre le petit piston *a* dans le cylindre *b*; quand, au contraire, le piston *A* se soulève, sa soupape s'appuie sur son siège et le boulet *E* se soulève toujours pour les mêmes raisons. Dans cette pompe, le fonctionnement des soupapes est donc commandé par le jeu de la tringle du piston et est complètement indépendant de la fluidité, plus ou moins grande, du liquide.

Pompe à piston à rondelles de cuir. — Au lieu de manchettes, on emploie encore des rondelles en cuir, pour garnir les soupapes de pompe.

La surface de frottement dans le cylindre est évidemment plus grande avec des rondelles qu'avec des manchettes; cependant, elles n'ont pas l'avantage des dernières, de s'appliquer sur la paroi du cylindre sous la pression de la colonne liquide, et perdent leur étanchéité aussitôt qu'elles ont subi une légère usure. La manchette de cuir est, sans contredit, encore le meilleur moyen d'obtenir la plus parfaite étanchéité et de plus longue durée.

Pompe à cylindre de grand diamètre. Système Petit. — Pour obtenir un grand rendement de pompage, sans pour cela employer une colonne de tubes de soutien d'un trop grand diamètre il suffit d'employer la pompe, (fig. 12, pl. XXXII). Le cylindre peut avoir 3 ou 4″ de diamètre, tandis que la colonne de tubes de soutien pourra n'avoir que 1 3/4″ ou 2″. On comprend que si, pour une cause quelconque, on est obligé de remonter les soupapes, on ne pourra le faire qu'en retirant toute la pompe. Afin d'éviter la présence d'une colonne liquide dans la pompe, et qui en augmente le poids, les soupapes sont munies d'un dispositif de vidage, que l'on fait fonctionner par la simple rotation de la tringle du piston.

Ainsi qu'on le voit, d'après la figure, le boulet *A* du piston est terminé par une

tringlette *E*, dont le bout se trouve à hauteur convenable dans une femelle de raccordement *B*. Le boulet *C* de la soupape de retenue est surmonté d'une tige de section carrée *D*, dont le bout est garni d'un filet se vissant dans la douille *B*. En vissant la douille *B* sur le bout de la tige *D*, celle-ci est attirée vers le haut, aussitôt que le bout de la douille *B* pose sur la tête de la soupape de retenue et repousse, en même temps, la tringlette *E* : les deux boulets se soulèvent et laissent échapper tout le liquide que contient la pompe.

Afin de pouvoir détacher facilement la tringle du piston, l'emmanchement qui les raccorde est muni de dents de butage, de manière à empêcher un serrage trop fort du mâle dans la femelle. En détournant la tringle à gauche, l'emmanchement se dévisse facilement et abandonne le piston.

Pompe à cylindre libre. Système Fauck. — Ici, c'est la colonne de tubes même qui fait office de tringle du piston. Le cylindre repose sur le fond (fig. 13, pl. XXXII). Le piston creux refoule le liquide dans la colonne de tubes sous tout le poids de celle-ci. On peut donner au cylindre un diamètre aussi grand que le permet la grandeur du trou de sonde, sans pour cela devoir appliquer une plus grande force au pompage; car l'effort à faire se réduit à soulever la colonne de tubes, que l'on peut, d'ailleurs, contrebalancer entièrement.

Cette pompe présente l'avantage de pouvoir pomper rapidement un grand volume de liquide; le piston, de plus, ne s'use pas si rapidement, car il n'a pas à supporter tout le poids de la colonne liquide dans son mouvement de relevée. Mais, en revanche, elle a pour désavantage de provoquer une usure assez rapide des tubages du trou de sonde par le frottement de la colonne ascendante, et de présenter, en cas de rupture de cette colonne, des difficultés plus ou moins grandes de retrait.

Pompe à gaz. — Quand le dégagement de gaz est trop fort pour que les pompes, décrites plus haut, ne puissent fonctionner bien régulièrement, nous employons le petit dispositif (fig. 1, pl. XXXIII). Nous enveloppons le cylindre de pompe *A* d'un tuyau *B*, supporté par la sucette *C* percée de trous. Le pétrole se déverse par l'ouverture du tuyau *B*, tandis que le gaz s'échappe vers l'ouverture du trou de sonde. Ce petit dispositif nous a toujours donné les meilleurs résultats dans les nombreux cas où nous dûmes l'appliquer, et nous a toujours évité l'emploi de pompes plus ou moins compliquées.

Pompage par les gaz pétrolifères.

Quand la venue du pétrole est accompagnée d'un fort dégagement de gaz, on peut tirer parti de ceux-ci pour organiser un pompage très économique. Il suffit de descendre une colonne de tubes de faible diamètre, armée d'un entonnoir (fig. 14, pl. XXXII), à une certaine hauteur au-dessus des couches pétrolifères. Le courant de gaz s'engouffre dans cette colonne et rejette le pétrole au sol par entraînement.

Pompage par l'air comprimé.

Dans certaines formations de terrains pétrolifères, composées surtout de sables, le pompage du pétrole à l'aide de pompes à piston présente des difficultés énormes

par suite de l'usure rapide des organes et de l'encombrement par les sables. L'emploi de l'air comprimé permet d'aspirer le pétrole, mélangé de sable, et de le rejeter au sol. Le dispositif consiste en deux colonnes de tubes *A* et *B*, dont l'une, celle de plus grand diamètre, sert de conduite au pétrole, et l'autre, de plus faible diamètre, sert de conduite d'amenée de l'air comprimé. L'air comprimé, chassé dans la colonne ascendante, soulève le pétrole par sa détente et le rejette au sol. Pour régulariser le courant d'air, on intercale un fort réservoir à air entre le compresseur et la pompe.

La pression de l'air comprimé augmente avec la profondeur du puits et, pour de grandes profondeurs, son emploi n'est pas sans présenter de nombreux et sérieux inconvénients.

La compression de l'air, à des pressions qui peuvent monter à 50 et 60 atmosphères, exige l'emploi de puissants compresseurs et, partant, de fortes chaudières. La quantité de combustible brûlée augmente considérablement avec l'augmentation de la pression d'air et, pour cette raison, l'emploi de l'air comprimé n'est indiqué que pour des profondeurs relativement faibles et pour le pompage de fortes productions de pétrole.

Généralités sur les pompes.

La tringle du piston provient ordinairement de tiges massives en fer de 16 millimètres de diamètre pour les pompes de 1 3/4", et de 13 millimètres pour celles de 2", d'une seule pièce, d'une longueur d'environ 10 mètres. La figure 2, planche XXXIII, montre la forme des raccords. On emploie aussi des raccords à tenons coniques; mais s'ils ont l'avantage de permettre un raccordage plus rapide des tiges l'une à l'autre, leurs femelles présentent l'inconvénient de se fendre facilement, pour peu que l'on serre les tiges un peu fortement l'une sur l'autre.

En cas de rupture de la colonne de soutien en un point quelconque, et afin d'éviter qu'elle ne tombe d'une trop grande hauteur dans le trou de sonde et ne provoque un accident grave, on place ordinairement sur cette colonne une plaque de diamètre convenable, qui repose sur la tête de la colonne de tubes de garantie la plus inférieure. Si une rupture se produit, la pompe reste suspendue, par un de ses manchons, sur la plaque de retenue. On perce sur le plan de celle-ci un certain nombre de trous, pour qu'il ne puisse se former un dépôt de boues ou de sables sur la plaque, ce qui pourrait, plus tard, créer des difficultés pour le retrait de la pompe. On visse encore en dessous du cylindre de pompe une certaine longueur de tuyaux, dont le bout inférieur se trouve à peu de distance du fond du trou de sonde ce dispositif présente cependant l'inconvénient, par le dépôt de sables dans l'intervalle qui sépare le corps de pompe du fond du trou de sonde, de provoquer des difficultés très grandes pour la remonte de la pompe; les sables cernent énergiquement les tuyaux qui se trouvent en dessous du cylindre de pompe, et l'on ne peut souvent desceller ceux-ci qu'avec beaucoup de peine.

Pour les grandes profondeurs, il est bon de n'employer pour les pompes, vu leur grand poids, que des tubes à bouts renforcés, du moins à la partie supérieure, jusqu'à une profondeur convenable. Avec des tuyaux simples, il pourrait se produire des ruptures qui entraîneraient à des accidents plus ou moins graves.

Avant de descendre une pompe, il est bon de vérifier les filets des emmanchements, de voir si aucune aspérité n'existe à l'intérieur des tuyaux, qui pourrait empêcher les soupapes de passer. On doit également éviter de serrer les tuyaux trop fort l'un sur l'autre, si les bouts de ceux-ci butent l'un sur l'autre, car les bouts pourraient se resserrer sur eux-mêmes, boucher en partie la pompe et fermer le passage aux soupapes; il peut encore se produire que le filet du tube, directement suspendu sur le manchon en vissage, sous le poids des tubes qu'il soutient et sous la pression que fait sur lui le tuyau que l'on visse, s'arrache du manchon et que la pompe ne file à fond sur une grande hauteur. Il est toujours mieux qu'après vissage énergique des deux tuyaux dans le manchon de raccordement, il reste un certain intervalle entre les bouts des tuyaux.

Outils de manœuvre des pompes.

Charnière de relevée (fig. 3, planche XXXIII). Elle se compose de deux lames de fer solides, reliées l'une à l'autre par une charnière, ce qui permet de leur imprimer un mouvement de fermeture et d'ouverture. Un repoussement est ménagé au milieu des lames, de manière à saisir les tuyaux de pompe en plein corps en dessous des manchons de raccordement. Deux étriers sont passés dans des trous ménagés dans les lames et servent à suspendre la charnière sur un crochet de relevée; en les abaissant, on peut ouvrir la charnière. A cet effet, des découpures sont pratiquées dans une des lames, en regard des points d'oscillation des étriers. Une broche, passée dans un trou percé dans le bout des lames, sert d'appui à l'un des étriers et l'empêche de s'abaisser trop et de permettre à la charnière de s'ouvrir. Comme dispositif de sûreté, on adapte encore à la charnière un clapet (fig. 4, pl. XXXIII) qui, sous le poids de la pompe, rend les deux lames de la charnière solidaires l'une de l'autre.

Pied-de-biche (fig. 5, planche XXXIII). Pour la descente et la relevée des tringles de piston, on emploie une plaque de fer de forte épaisseur, dans laquelle on découpe une ouverture pour pouvoir y loger le carré de l'emmanchement. Deux étriers saisissent la plaque et permettent de la suspendre au crochet de relevée. Un des étriers oscille à demeure fixe, tandis que l'autre peut s'écarter latéralement et ouvrir l'ouverture de la plaque. Quand l'emmanchement est logé dans l'ouverture, il repose par l'embase du filet sur le pied-de-biche, et ne peut plus en sortir, aussitôt que les deux étriers sont relevés. Une broche, glissée dans un trou ménagé à l'ouverture du pied-de-biche, limite le mouvement d'ouverture de l'étrier de fermeture.

Crochet de relevée (fig. 6, planche XXXIII). Afin d'éviter que la charnière de pompe ou le pied-de-biche de la tringle du piston ne se décroche, si, pendant la descente, la pompe ou la tringle vient à poser brusquement sur un obstacle quelconque dans le trou de sonde ou dans la pompe, on doit toujours munir le crochet de relevée d'un clapet de sûreté. La figure 7, planche XXXIII montre encore un autre dispositif de sûreté. Le crochet de relevée doit être très fort dans son fer-à-cheval, et aussitôt que le poids de la pompe devient trop grand, il est préférable de le remplacer par un moraillon qui offre plus de sécurité.

Clefs de serrage. — Pour saisir les manchons de raccordement, on emploie les clefs (fig. 8 jusque 16, pl. XXXIII). Pour le serrage des tuyaux, on emploie un

bout de corde en chanvre dans l'un des bouts duquel on passe une broche. Le vissage des tringles se fait à l'aide d'un tourne-à-gauche, comme pour le vissage des tiges de forage.

Roue de manœuvre. — La retraite et la remise en place des pompes et des tringles de piston se fait à l'aide d'une roue en bois (fig. 17, pl. XXXIII), que l'on fixe dans un cadre, appliqué sur deux montants d'un trépieds à l'aide de boulons ou de crampons.

Cette roue se compose d'un moyeu de 3 mètres de longueur, dans les bouts duquel on découpe latéralement deux rainures de 0m50 environ de longueur; dans ces rainures se placent les axes, carrés sur toute la partie qui vient dans le bois, et munis à leur bout d'un croisillon; sur les axes on place des pièces de bois qui ferment la rainure, et que l'on serre dans le moyeu à l'aide de cercles. A 0m70 environ des bouts du moyeu, on découpe en travers de celui-ci deux rainures perpendiculaires l'une à l'autre, et dans lesquelles on glisse les bras de la roue, que l'on serre dans les rainures à l'aide de cales. Le cercle de la roue, venu de planches de 2″, appliquées en triple épaisseur l'une sur l'autre, est saisi entre les bouts des bras à l'aide de boulons. Des broches fixées dans le cercle de la roue donnent toute facilité aux ouvriers d'y appliquer leur force de traction pour faire tourner la roue.

Comme frein, on emploie un simple levier muni d'un sabot qui agit sur le cercle de la roue.

Pour la descente des tringles de piston, qui sont ordinairement d'une légèreté relative, on peut freiner à l'aide de la corde même que l'on enroule un certain nombre de fois à l'entour du moyeu de la roue, et qu'un ouvrier laisse glisser en appliquant à l'aide des mains, une certaine résistance sur le bout de la corde qui reste libre. Pour la relevée de chaque tige de la tringle, deux ouvriers tirent sur la corde du côté de la roue, tandis qu'un troisième, celui qui fait frein, la fait glisser sur le moyeu; de cette façon les ouvriers ne sont pas obligés de faire tourner la roue pour remonter une nouvelle tige à la hauteur de l'emmanchement de celle qu'ils viennent de descendre, et la rapidité du travail est beaucoup plus grande. On peut encore faire frein en enroulant un bout de corde sur le bout du moyeu, et que l'on attache sur la pièce inférieure du cadre de la roue. Tandis que la roue se déroule, l'ouvrier fait frein en tirant sur le bout de la corde qui reste libre.

Treuil à main. — Au lieu d'une roue, on emploie encore, avantageusement, un treuil à engrenages monté sur un chariot léger pour le transport. Pour la manœuvre des pompes, on se sert d'un treuil de plus fort calibre donnant, en appliquant six hommes aux manivelles, une force de 2000 kilogs environ, tandis que, pour la manœuvre des tringles, un treuil une fois plus faible suffit amplement.

Pour la remonte des grands poids, on se sert de manivelles de 0m50 à 0m60 de bras; pour la descente des pompes, on applique au treuil deux manivelles de longueurs différentes, une de 0m50 à 0m60 pour le relevé de la pompe d'une certaine hauteur, après qu'on y a vissé un nouveau tuyau, afin d'enlever la charnière de retenue; l'autre, de 0m25 environ, pour l'enlevage du tuyau à hauteur du manchon de raccordement. Par ce moyen, les ouvriers peuvent appliquer sur le treuil une force plus ou moins grande ou lui donner une vitesse plus ou moins rapide suivant les besoins.

A la descente de la tringle du piston, pour relever chaque tige à hauteur d'emmanchement, on se sert d'une troisième manivelle appliquée directement sur l'axe

du tambour. Comme le poids à remonter est très léger, deux ouvriers appliqués à cette manivelle peuvent imprimer un mouvement de rotation très rapide au tambour d'enroulement. Pour bien faire, le treuil doit posséder trois trains d'engrenages donnant deux vitesses différentes, une pour la remonte de la première moitié de la pompe ou de la tringle, l'autre pour la remonte du reste. Il doit également posséder un frein solide, ainsi qu'un doigt-arrêteur qui, en cas où les ouvriers, pour une cause quelconque, lâchent les manivelles, le tambour ne se déroule pas.

Le treuil se place sur un fondement en béton traversé par une ancre solide que l'on relie au treuil à l'aide d'une vis de rappel.

Treuil à vapeur. — Quand l'exploitation est assez importante pour couvrir, par sa production, les frais de premier établissement, il y a intérêt à employer un petit treuil à vapeur très léger que l'on transporte d'un puits à l'autre suivant les besoins. On peut remonter plus rapidement les pompes et, par conséquent, s'épargner une perte plus ou moins grande de production.

Nous employons un tel treuil qui se compose d'un simple tambour actionné par un train d'engrenages qui reçoivent leur mouvement de rotation de deux petits cylindres appliqués sur un cadre en poutrelles. Un embrayage à friction commande les engrenages; le déroulement du tambour est réglé par un frein à levier. Une soupape à tiroir d'admission, placée à proximité de la main de l'ouvrier qui conduit le treuil, lui permet de régler la vitesse de rotation du treuil. Le tambour est en deux parties, dont l'une sert à l'enroulement du câble de manœuvre, tandis que l'autre sert à l'enroulement d'une cordelette de nettoyage, dont nous parlerons plus tard.

Une roue d'engrenage à vis sans fin calée sur l'axe des roues-arrière d'un petit chariot portant le treuil, permet de le faire avancer ou reculer facilement à la main.

Le treuil est ancré solidement au sol à l'aide de deux tiges prenant à l'aide de clavettes en dessous d'une tranche de béton, enfoncée à environ $1^{m}50$ de profondeur en terre, et de deux vis de rappel qui s'accrochent aux cylindres.

Avec une force de 8 à 10 chevaux aux manivelles, on peut faire toutes les manœuvres de remonte et de descente des pompes avec la plus grande facilité On peut même employer le treuil à d'autres travaux de sondage, tels que retrait des tubes, réparations d'accidents, nettoyage, etc.

A l'aide d'une chaudière centrale et d'un réseau de conduites bien isolées, on peut transporter la vapeur à chaque puits; il suffit de rattacher le treuil à la conduite pour le mettre immédiatement en travail. Si l'on ne veut pas faire les frais d'une installation d'un réseau de conduites plus ou moins étendu, on se sert d'une chaudière facilement transportable, sûr roues, et qui accompagne le treuil dans toutes ses pérégrinations. On relie la chaudière au treuil par une conduite, divisée en tronçons que l'on raccorde par des joints, d'un montage facile et parfaitement isolée. Pour toute facilité de montage, on relie la conduite à la chaudière et au treuil à l'aide de tuyaux en caoutchouc recouvert d'une enveloppe métallique flexible, et d'une longueur suffisante pour avoir une certaine latitude dans le placement de la chaudière.

Trépieds de remonte. — Pour l'exploitation de puits à grande production, comme il est souvent indispensable de procéder à des curages plus ou moins difficiles, on laisse ordinairement sur place la chèvre qui a servi à creuser le sondage. Mais, quand les puits ne donnent qu'une faible production, par économie on transporte la chèvre sur l'emplacement d'un nouveau puits et on y substitue un trépieds, ou même un quatre-pieds quand la pompe à manœuvrer est très pesante. Le trépieds se compose de

trois bois de 17 à 18 mètres de hauteur que l'on relie par un boulon de 0^m05 de diamètre et que l'on dresse au-dessus du puits. Un moraillon de même force que le boulon est suspendu à celui-ci et embrasse un des pieds du trépieds (fig. 17, pl. XXXIII). Sur un des montants on cloue, sur deux rangées se contrariant, une série d'échellons en fer qui permet à un ouvrier de monter sur le trépieds, pour y suspendre une poulie de rappel ou un palan suivant les besoins. Pour obtenir une plus longue conservation du trépieds et le préserver contre les intempéries, on peut injecter dans le bois, soit de la créosote, soit du sulfate de cuivre ou encore le recouvrir d'une couche de goudron de houille avant de dresser le trépieds. Chaque année, au bon temps, on peut renouveler la couche de goudron.

Manière de dresser un trépieds. — On dresse premièrement un chevalet dont deux poussants servent à pousser les pièces du trépieds jusque sur la traverse supérieure du chevalet. On réunit les pieds du trépieds à l'aide d'un boulon d'attache *d* (fig. 17, pl. XXXIII), en ayant soin d'accrocher en même temps l'agrafe *e* (fig. 18). Cela fait, on fixe en terre un poteau auquel on attache un palan, que l'on réunit également à l'aide de cordes à l'échelle du trépieds. Il suffit ensuite de tendre le palan à l'aide de chevaux, d'un treuil à main ou à vapeur pour dresser le trépieds. L'écartement entre les montants du trépieds ne doit pas être trop grand; s'il dépasse 5 mètres de rayon, les montants plient trop facilement sous la traction qu'ils ont à supporter.

Pour le montage d'un quatre-pieds, la méthode est la même; il suffit de rapprocher deux montants et de les réunir à la fois au palan. Quand le quatre-pieds est dressé, on écarte les montants à la distance voulue.

Pour la remonte des pompes, on emploie un palan à poulies superposées (fig. 19, pl. XXXIII), ou une poulie à crochet (fig. 20).

Dispositifs de pompage.

Le pompage d'un nombre plus ou moins grand de puits se fait d'un point central à l'aide de tringles qui transmettent le mouvement d'un moteur quelconque à des chevalets de pompage établis au-dessus de chaque puits. Le dispositif de pompage comprend la roue oscillante qui donne aux tringles le mouvement de va-et-vient, la roue de transmission, le moteur, les tringles de transmission et les chevalets de pompage.

Roue oscillante. — Elle se compose de deux demi-cercle *A B*, réunis par des boulons et calés sur un arbre vertical *C* (fig. 1, pl XXXIV). Des trous ménagés sur tout le cercle de la roue permettent d'y fixer des boulons d'accrochage des tringles de transmission (fig. 2). On accroche les tringles aux boulons à l'aide de griffes (fig. 3, pl. XXXIV), qu'une broche latérale permet de manier facilement. La roue oscillante porte sur sa périphérie quatre pièces rapportées à l'aide de boulons *C D E F*, et qui servent à la relier à la roue à l'aide de moraillons.

*Roue de commande (*fig. 4, pl. XXXIV). — Sur une boiserie composée des pièces longitudinales $a\ a'\ a''\ a''\ a'''$ et des pièces transversales $b\ b'\ b''$, supportant deux traverses $c\ c'$ et deux longerons $d\ d'$, vient se placer une poulie de plus ou moins grand diamètre *A* (ordinairement 3 à 4 mètres) qui tourne dans les paliers $e\ e'$ fixés sur les

traverses *c c'*. Sur les bouts de l'arbre de la poulie *A* sont calées deux manivelles *C D* dans une position diamétralement opposée. La roue oscillante *E* est fixée sur un cadre *F* (fig. 5), et reçoit un mouvement oscillatoire alternatif des manivelles *C D* par l'intermédiaire des bielles *G H* que des vis de compensation permettent de tendre à volonté.

La roue de commande *A* reçoit son mouvement, à l'aide d'une courroie *I*, d'un moteur quelconque.

La figure 6 montre la crapaudine de soutien de l'arbre de la roue oscillante.

Quand on a un très grand nombre de puits à pomper, on emploie parfois un dispositif de pompage à double courroie (fig. 1, pl. XXXV), mais la pratique a prouvé qu'à moins d'employer un moteur à gaz, qui tourne toujours à grande vitesse, il est plus économique de n'avoir qu'une seule courroie d'une grande largeur et un moteur à vapeur puissant, marchant en pleine force, lentement et avec grande détente de vapeur. Avec une double courroie, pour obtenir le nombre d'oscillations voulues à la roue oscillante, il faut que la machine à vapeur tourne avec une très grande vitesse, ce qui est aussi nuisible à la conservation de la machine que peu économique. Ensuite par le fait même qu'il y a deux courroies, les frais d'entretien sont doubles, les courroies s'usant tout aussi vite qu'il n'y en ait qu'une ou qu'il y en ait deux. La perte de force par frottement est aussi plus grande, car il y a quatre paliers au lieu de deux comme dans le dispositif à une seule courroie.

Pour amoindrir les frais d'entretien des courroies, on a aussi essayé de substituer à l'une d'elles un train d'engrenages. Ce dispositif de pompage exige encore que le moteur tourne à une grande vitesse; il présente donc le même inconvénient que le dispositif à deux courroies.

La résistance des différents organes du dispositif de pompage limite forcément le nombre de puits que l'on peut y accrocher et, passé ce nombre, l'usure est si rapide, la rupture de ces organes est si fréquente qu'il y a intérêt à dédoubler le dispositif de pompage et à répartir le nombre de puits sur deux moteurs différents. Le nombre des ouvriers attachés à la surveillance et à l'entretien des moteurs en est doublé, mais cette augmentation de dépenses est compensée par l'économie faite sur l'entretien. Ensuite, le dispositif de pompage est simplifié, ce qui réduit les résistances nuisibles et, partant, ne charge pas si fort les moteurs.

Quand l'exploitation est très étendue, il est préférable d'utiliser les gaz que l'on recueille à chaque puits à différents points, car plus les conduites à gaz sont longues, plus la résistance que rencontre le gaz dans ces conduites est grande et plus grande est la perte par fuites. Malgré tout le soin que l'on peut apporter au montage des conduites et des fermetures de puits, il est bien difficile d'éviter toute perte de gaz, car on est trop souvent obligé de les démonter pour procéder à la réparation des pompes et au nettoyage des puits. Si donc le réseau de conduites est très étendu, la pression du gaz dans celles-ci est grande et les fuites plus importantes. En répartissant la quantité de gaz recueillie sur un plus grand nombre de points, on évite cette pression et l'on atténue les fuites.

Il ressort donc de ce que nous avons dit plus haut, qu'au lieu d'employer des dispositifs de pompage à double courroie, il est préférable de les employer à simple courroie, avec moteur puissant, et de construire un nouveau dispositif de pompage au centre des nouveaux puits que l'on fait, ou que l'on projette de faire, aussitôt que le nombre de puits accrochés au premier dispositif de pompage devient trop grand.

On a essayé aussi de construire le dispositif de pompage tout en béton et bois, mais la pratique a prouvé que le béton ne présentait pas assez de résistance à l'effort de traction des bielles de transmission de mouvement et qu'il ne tardait pas à se fendiller. L'installation est d'ailleurs plus coûteuse.

Tringles de transmission. — Elles se font ordinairement en fer, en tuyaux, en cordes de fils d'acier, parfois en bois. Les cordes, par leur légèreté, sont recommandables; elles offrent une grande résistance à la traction et se prêtent beaucoup mieux que tous les autres matériaux aux ondulations du sol. Ordinairement, on emploie les vieilles cordes de forage pour faire des transmissions de pompage ; comme l'effort à supporter n'est pas grand, elles peuvent faire ce service encore pendant de longues années.

Les transmissions sont suspendues sur des piquets en bois fixés en terre par l'intermédiaire de tringles (fig. 2, pl. XXXV). La griffe d'accrochage est serrée sur la tringle de transmission pour empêcher qu'elle ne glisse sur celle-ci et ne s'use rapidement.

Parfois on est obligé d'accrocher plusieurs puits à une même tringle de transmission ; on emploie alors les différents dispositifs montrés par les figures 3, 4, 5, pl. XXXV.

Pour décrocher les tringles de transmission de la roue oscillante, on se sert du dispositif (fig. 6, pl. XXXV). Il se compose d'un piquet *A*, dans le bout duquel est fixée une fourche *B*. Une bague *C* est soudée à distance convenable sur la tringle. En glissant la tringle, au moment convenable, dans la fourche *B*, la bague *C* vient buter dans celle-ci au mouvement de retour de la roue oscillante et la tringle se décroche de son boulon d'attache. Par ce dispositif très simple, un seul ouvrier peut accrocher et décrocher tous les puits l'un après l'autre.

Chevalets de pompage. — On emploie ordinairement le chevalet (fig. 1, pl. XXXVI), qui se compose des pièces transversales *A*, *B*, de la pièce *C* de soutien du poteau *D*, du balancier *E* et de l'équerre *F*. Le balancier *E* oscille sur un axe en fonte. Des étriers oscillant dans des crapaudines en fonte saisissent le balancier par les deux bouts et permettent de le réunir, d'un côté à la tringle du piston, de l'autre côté à l'équerre *F*, à l'aide de chaines et de crochets. L'équerre *F* oscille dans des paliers et est reliée à la tringle de transmission à l'aide d'une vis de rappel qui permet de régler la position de l'équerre et du balancier.

Le chevalet, fig. 2, pl. XXXVI, est plus simple de construction, partant moins coûteux. Il se compose des pièces transversales *a*, *b*, de la pièce de soutien *c*, des poteaux *d*, *e* et de l'équerre *f*. L'équerre *f* est réunie à la tringle de transmission par un étrier *g* et à la tringle du piston par un étrier *h* oscillant dans une griffe *i*; elle oscille sur son axe portant dans des paliers fixés sur la tête des poteaux *d*, *e*.

Pour réduire la fatigue des tringles de transmission, on charge le balancier d'un contre-poids suffisant pour contre-balancer les 2/3 du poids de la tringle du piston de la pompe. Dans ce but, on prolonge souvent la pièce supérieure de l'équerre de pompage de façon à pouvoir y placer le contre-poids.

Les chevalets de pompage se font tout en bois, ce qui est bien plus économique, que de les faire en fer.

Roue oscillante intermédiaire. — Afin de réduire le réseau de tringles de pompage, on répartit le nombre de puits sur plusieurs roues oscillantes placées aux endroits convenables et réunies à la principale roue par des double tringles de transmission

(fig. 3, pl. XXXVI. Le dispositif est le même que pour la roue oscillante principale; les tringles, plus fortes, sont ou de fer ou de bois ferré pour qu'elles présentent plus de rigidité; des vis de rappel permettent de les tendre à volonté.

Dispositif de décrochage. — Quand le nombre de puits est reporté sur plusieurs roues oscillantes, si la production de ces puits n'exige pas un pompage constant, on peut pomper par intermittences plus ou moins longues en décrochant les roues intermédiaires de la roue oscillante principale. On emploie dans ce but le dispositif (fig. 4, pl. XXXVI). Il se compose de la boiserie $a\ a'\ a''\ a'''\ b$; deux balanciers *A B*, oscillant sur les axes *C D*, sont reliés étroitement par des étriers aux tringles de transmission, les unes *E F* venant de la roue oscillante principale, les deux autres *G H* allant à la roue oscillante intermédiaire. Deux tiges à crochets *I J*, oscillant sur leurs boulons *K L*, rendent les balanciers *A B* solidaires l'un de l'autre par accrochage aux boulons *M N*. Un levier *O*, réuni aux tiges *I J* par des tringles *P Q*, permet, par un mouvement d'oscillation, d'accrocher et de décrocher les tiges *I J* des boulons *M N*. Un ressort en spirale *R* tend à maintenir les tiges *I J* toujours accrochées. Les boulons *S T* d'attache des tiges *I J* au balancier *A* peuvent se raccourcir à volonté, à l'aide des écrous *c d*, de manière à les maintenir toujours bien rigides.

Pour décrocher le balancier *A* du balancier *B*, il suffit de tirer sur une tringle attachée au bout du levier *O*, qui attire les tiges *I J* vers l'intérieur; le balancier *B* continue à osciller, tandis que le balancier *A* reste immobile. Pour résister à l'effort de traction du ressort *R*, on glisse la tringle dans une fourche fixée dans un poteau et qui y reste saisie par le renflement qu'on a soin d'y laisser.

Pour accrocher les balanciers l'un à l'autre, il suffit de lâcher la tringle, le ressort *R* pousse les tiges *I J* sur les boulons *M N* et les force à s'y accrocher.

Afin de maintenir le balancier *A* dans une position permettant l'accrochage, les tiges *I J* sont munies à leurs bouts d'écrous *f g* qui, à chaque oscillation du balancier *B*, viennent buter contre le balancier *A* et le poussent dans la position voulue.

Par ce dispositif, un ouvrier peut très facilement accrocher et décrocher les roues oscillantes intermédiaires à des intervalles plus ou moins longs. On évite de la sorte une usure inutile des pompes et un balançage de tringles, qui absorbe inutilement beaucoup d'énergie.

Des moteurs de pompage.

Pour actionner le dispositif de pompage, le moteur le plus économique est, sans contredit, le moteur à gaz. Il demande peu d'entretien, et les gaz que l'on recueille des puits suffisent toujours pour l'alimenter. Cependant, il est bon de prendre un moteur plus fort que ne l'indique la résistance à vaincre, car en hiver, par le froid, les parties plus légères des gaz se condensent dans les conduites et ceux-ci perdent une grande partie de leur force calorifique.

Dans les exploitations, où le pétrole est parafineux, on est obligé d'avoir constamment de la vapeur d'eau à sa disposition, pour le chauffer, afin qu'il puisse se séparer de l'eau et des impuretés auxquelles il est souvent mélangé. Dans ce cas, il est préférable d'avoir un moteur à vapeur, car on peut alors prendre de la vapeur directement du générateur, ou se servir de la décharge de la machine pour chauffer le

pétrole. Il est vrai que l'on pourrait tirer parti de la chaleur énorme des gaz qui sortent, à chaque détente, du moteur à gaz pour chauffer de l'eau, que l'on ferait ensuite circuler dans un serpentin plongé dans le pétrole; mais cela demanderait une installation assez coûteuse et donnerait beaucoup d'embarras en hiver.

Comme moteur à vapeur, il est préférable d'avoir la machine placée sur la chaudière, que celle-ci soit locomobile ou demi-fixe; c'est beaucoup plus économique, moins encombrant et d'une surveillance plus facile.

En employant une locomobile avec cylindre entouré d'une chemise où circule la vapeur sèche, venant directement de la chaudière, avec réchauffage de la vapeur, avant qu'elle arrive au cylindre, et réchauffage de l'eau d'alimentation dans des serpentins, placés dans la boîte à fumée, sous la cheminée, on obtient un rendement qui égale celui du moteur à gaz.

Si l'on a à choisir entre une locomobile et une machine à vapeur séparée de sa chaudière, il faut toujours donner la préférence à la locomobile qui, bien établie, donne une moyenne de 30 p. c. d'économie sur la machine simple la plus perfectionnée.

En construisant une station centrale d'électricité ou d'air comprimé, on peut distribuer la force aux divers chantiers de travail et arriver, de ce chef, à une certaine économie de combustible et de main-d'œuvre. C'est encore mieux quand on peut utiliser une chute d'eau qui permet d'obtenir la force à bon marché. Cependant, l'installation d'une station centrale est toujours très coûteuse et demande l'immobilisation de grands capitaux. On ne peut donc la faire que si l'on a la certitude de pouvoir exploiter pendant de longues années, et de toujours avoir une production de pétrole, qui permettra d'amortir facilement les frais de premier établissement. Si, en abordant l'exploitation de nouveaux terrains pétrolifères, on crée immédiatement une station centrale d'électricité ou d'air comprimé, avant d'être certain de l'avenir de ces terrains, on risque d'avoir dépensé un grand capital en pure perte, si la production de l'exploitation n'est pas en rapport avec cette dépense. De nouveau, il arrive bien souvent qu'avant d'avoir pu se convaincre de l'avenir de terrains pétrolifères, il a fallu forer déjà un très grand nombre de sondages, et que ce qui reste encore à faire ne demande pas l'investissement de nouveaux capitaux. Ce n'est donc que dans des cas exceptionnels que l'on peut songer à l'installation d'une station centrale d'électricité ou d'air comprimé.

De l'isolation des chaudières et des conduites à vapeur.

Dans les exploitations pétrolifères on est toujours obligé de placer les chaudières à une distance plus ou moins grande des puits en exploitation, pour éviter le danger d'incendie des gaz, qui se dégagent toujours en plus ou moins grande abondance de ces puits, et de conduire la vapeur à la machine par des conduites souterraines ou, encore mieux, aériennes.

Pour éviter une trop grande condensation de la vapeur, on doit isoler les conduites aussi soigneusement que possible. La paille ou le foin, ou encore les déchets de soie, de coton, enroulés autour des conduites, forment un bon isolant; ils présentent cependant l'inconvénient de se brûler au contact des tuyaux et de devenir insensiblement assez bon conducteur de la chaleur.

Un des meilleurs isolants est la brique en liège, que l'on façonne à la forme des chaudières et des conduites et que l'on applique sur celles-ci à l'aide de terre à infusoires. On recouvre ensuite l'isolant d'une couche de gypse, puis d'une toile d'emballage, que l'on enduit de goudron pour empêcher l'humidité de pénétrer jusqu'au liège, et sur le tout on place une carapace en fine tôle de fer. Avec une telle couverture, les conduites et les chaudières ne laissent presque pas perdre de calorique.

Le cylindre des machines doit aussi toujours être soigneusement isolé, soit avec du liège, du bois ou de la terre à infusoires.

De la recueille des gaz pétrolifères.

Le pétrole, rejeté par les pompes, est toujours mélangé d'une quantité plus ou moins grande de gaz, qui s'en sépare aussitôt que la pression qui les maintenait mélangés disparait. Afin de recueillir ce gaz, on réunit les pompes à un séparateur, qui se compose d'une cuve *A*, d'un volume plus ou moins grand (fig. 5, pl. XXXVI), que l'on place au-dessus d'un réservoir *B* ordinairement en terre. A la partie inférieure de la cuve se trouve une soupape d'échappement *C*, commandée par un levier *D*, portant un flotteur *E*. Quand une quantité suffisante de pétrole est déversée par les pompes dans la cuve, le flotteur ouvre la soupape et le pétrole coule dans le réservoir. Le gaz, qui se sépare du pétrole, s'échappe de la cuve par le tuyau *F*, muni d'une ventille de retour *G*, qui empêche le gaz, pour une cause quelconque, de revenir vers le séparateur. Le tuyau *F* conduit le gaz aux chaudières à vapeur ou aux moteurs à gaz.

Afin que le gaz ne revienne de la chaudière au séparateur et n'y mette le feu, ce qui se produit quand un appel du gaz est provoqué par l'ouverture d'une conduite d'amenée du gaz ou du pétrole au séparateur, on intercale, entre celui-ci et la chaudière ou le moteur à gaz, un coupe-flamme liquide, système Petit (fig. 6, pl. XXXVI).

Cet appareil se compose d'une cuve *A*, fermée hermétiquement par un couvercle *B*. Une tubulaire *C* amène le gaz; un tuyau *D*, vissé dans la tubulaire *C*, est fermé à son extrémité inférieure et est percé de trous sur sa périphérie, sur une hauteur convenable; il est, de plus, soigneusement tourné et poli sur toute sa longueur, et emboîté à frottement doux par un flotteur sphérique *E*, muni d'un tuyau en cuivre *F*. Une seconde tubulure *G* permet au gaz de s'échapper de l'appareil. On verse une certaine quantité d'eau dans la cuve *A* par un trou *H*, que l'on bouche ensuite à l'aide d'un bouchon à vis, de manière que le flotteur vienne buter au couvercle *B* de l'appareil. Le gaz amené par la tubulaire *C* passe dans le tuyau *D*, par les trous de celui-ci, barbote dans le liquide et s'échappe par la tubulure *G*. Si le gaz revient de la chaudière, il est arrêté par le liquide qui remplit l'appareil; si par l'inflammation du gaz dans la conduite, il se produit un coup de bélier, l'eau est chassée de l'appareil dans la conduite d'amenée *C*, le flotteur sous son poids descend et bouche toutes les ouvertures du tuyau *D* : la flamme ne peut donc gagner le séparateur et s'éteint d'elle-même dans l'acide carbonique qui remplit l'appareil et faute d'oxygène. Afin d'éviter les effets de la gelée, on ajoute à l'eau, qui remplit l'appareil, une quantité suffisante de glycérine. Afin de vérifier le niveau du liquide

dans l'appareil, un petit robinet *I* est vissé à une hauteur convenable; il permet de régler la quantité de liquide, de façon que le flotteur ne descende trop bas.

En été, par les grandes chaleurs, le liquide de l'appareil finit par s'évaporer entièrement; quand l'appareil est vide, le flotteur bouche le tuyau d'arrivée du gaz; le chauffeur préposé à la surveillance des chaudières ou des moteurs à gaz, s'en aperçoit immédiatement et remplit l'appareil d'eau à nouveau; la surveillance du coupe-flamme est donc facile.

En dehors du gaz, amené par le pétrole des pompes, il en sort également une quantité plus ou moins grande par l'ouverture des trous de sonde. On recueille ce gaz par des conduites de diamètre convenable et que l'on mène au séparateur. L'ouverture de chaque puits est fermée par un dispositif spécial.

Nous employons la fermeture (fig. 1, pl. XXXVII), système Petit, qui se compose d'un pot *A* muni d'une tubulure *B* pour l'échappement du gaz et qui fait joint sur la tête des tubes hermétiques par un anneau en caoutchouc ou en cuir *C*. Ce pot sert également à recueillir le pétrole qui coule du joint de la tête de pompe *D*; une tubulaire *E* permet de conduire ce pétrole recueilli dans un réservoir placé à côté du puits. Un plateau *F*, muni de trous pour l'échappement du gaz, est porté par un manchon *G*, vissé dans le corps de pompe *H*, et serré sur une bague en caoutchouc *I* à l'aide du cône *J*; la bague en caoutchouc *I* fait joint dans le tube de sondage et interrompt toute communication avec l'atmosphère. On relie cette fermeture de puits directement à une conduite qui mène le gaz recueilli au séparateur et de là au lieu d'utilisation.

Ce système de fermeture de puits est assez coûteux; aussi avons-nous songé à en appliquer un autre plus simple et donnant de bons résultats.

Il consiste en une plaque *A* (fig. 2, pl. XXXVII) soutenant la pompe *B*; une seconde plaque *C* est reliée à la plaque *A* par deux boulons *D*, *E*. Entre les deux plaques *A* et *C* on bourre de la mousse que l'on serre ensuite dans le tube de sondage à l'aide des boulons *D E* : le joint obtenu est parfait. On visse la conduite d'échappement du gaz dans un collet rivé à même le tube de sondage.

Près de chaque puits, on place sur la conduite d'échappement du gaz une soupape de retour, qui empêche le gaz de revenir vers le puits en cas où l'on est obligé d'ouvrir le puits, par exemple, quand on doit retirer la pompe. On doit également placer sur chaque conduite, près du séparateur, un robinet de fermeture pour, en cas besoin, pouvoir isoler le séparateur.

En hiver, il se condense beaucoup de vapeur d'eau dans les conduites qui se congèlent et s'obstruent; on est obligé de démonter souvent tout le réseau de conduites pour les dégeler; aussi est-il préférable de poser toutes les conduites à gaz sur le sol. Quant aux conduites à pétrole, il vaut mieux les enterrer à $0^{m}60$ ou $0^{m}70$ de profondeur pour les garantir du froid.

On doit apporter une attention spéciale aux joints des conduites, afin qu'il ne se produise aucune fuite du gaz, si faible soit-elle. Quand le réseau de conduites est très étendu, il peut se produire des fuites légères un peu partout et passent inaperçues; toutes ces fuites réunies occasionnent une perte de gaz dont on se fait ordinairement une faible idée.

On pose, au travers de l'exploitation, une conduite à gaz de fort diamètre qui recueille le gaz de chaque puits par des conduites plus petites et le conduit au séparateur. Le diamètre de ces conduites, dépend de la quantité de gaz à recueillir

et de leur longueur. Il est toujours préférable d'employer des conduites de fort diamètre; on évite de la sorte une pression nuisible à l'échappement du gaz des trous de sonde.

Afin d'éviter les fuites de gaz, on peut créer le vide dans les trous de sonde en reliant toutes les conduites à gaz à un cylindre aspirateur, commandé soit par une machine spéciale, soit par le dispositif de pompage. Le vide produit peut aller jusqu'à une demi-atmosphère, ce qui est bien suffisant pour créer un vif appel du gaz et empêcher toute déperdition. Cette dépression que l'on fait dans les trous de sonde peut même amener une plus grande production de gaz et de pétrole.

Du puisage du pétrole.

Dans les puits où le pétrole amène beaucoup de sable qui empêche un pompage quelconque du liquide, ou encore dans les puits où le pétrole est tellement chargé de parafine qu'il est impossible de le pomper, on se voit forcé de l'extraire à l'aide d'une cuillère attachée à une cordelette, et que l'on manœuvre à la machine ou à la main, suivant la valeur de la production. Quand cette extraction se fait a la main, on emploie, afin d'en obtenir un maniement plus facile, une cuillère en tôle de 1 à 2 millimètres d'épaisseur, terminée par un tampon en bois; un trou que l'on y perce permet au liquide de pénétrer dans la cuillère et qu'un clapet, venant d'une plaque de tôle garnie d'une feuille de cuir et limité dans son mouvement de relevée par une tige terminée par un croisillon, ferme hermétiquement. Quand l'extraction se fait à la machine, on se sert d'une cuillère plus forte, car les mouvements, à la machine, sont infailliblement plus violents que par le travail à la main, et l'on pourrait craindre des accidents en employant une cuillère construite en tôle mince.

Vers 1887, feu mon père avait tenté de provoquer un éveil de sources artésiennes dans des forages faits en Belgique en descendant un piston garni de bagues en cuir sur un jeu de tiges dans la colonne de tubes de garantie du sondage; en remontant le piston, celui-ci soulevait toute la colonne liquide qui le surmontait et la faisait se déverser au sol. Malheureusement, cette opération avait pour résultat d'amener soit un afflux violent de sables qui remplissaient le trou de sonde ou de provoquer un écrasement brusque des colonnes de tubes de garantie. Il dut pour cette raison abandonner cette idée.

Tout dernièrement, quelques exploitants de pétrole l'ont réappliquée au puisage de pétrole trop parafineux avec plein succès. Dans les terrains pétrolifères, il n'est pas à craindre, ordinairement, une venue de sables ou un écrasement de colonnes de tubes; ce procédé de puisage du pétrole ne pouvait, par conséquent, manquer de réussir.

Le piston que l'on emploie peut être construit de différentes manières. Il suffit qu'en descendant il laisse passer le liquide et qu'il le soulève en remontant. On peut très bien lui donner la forme montrée par la figure 9, pl. XXXII. On peut le réunir, soit à une solide cordelette, en ayant soin de le charger d'un certain poids de tiges, qui surmonte la résistance qu'il rencontre en descendant, soit à un jeu de tiges de forage. On comprend que, si on le manœuvre avec une cordelette, on ne pourra pas soulever

une si grande quantité de liquide à la fois que si on le descend sur des tiges, à cause de la différence de résistance à la rupture et à l'allongement qu'il y a entre une cordelette et des tiges massives.

Si le diamètre du trou de sonde le permet, on peut descendre dans le puits une colonne mobile de tubes de 4 ou 5'' que l'on maintient du sol, suspendue à quelques mètres du fond et dans laquelle on fait agir le piston élévateur. En ce cas, on n'a pas à craindre d'éboulements et, en cas de rupture de la cordelette, on peut retirer le tout à la fois, tubes et cordelette, sans plus d'embarras.

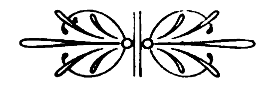
Emmagasinage du pétrole.

Dans les petites exploitations où l'on ne veut pas faire de grands frais d'exploitation, on emploie, pour recueillir le pétrole, des réservoirs en bois que l'on enfouit ordinairement en terre pour empêcher les fuites et aussi en vue des incendies. Si l'on veut placer les réservoirs en bois sur le sol, on est obligé de les entourer de terre et de gazon, au moins sur les deux tiers de leur hauteur pour les mêmes raisons.

Quand l'exploitation est assez productive pour permettre l'investissement d'un capital plus élevé de premier établissement, il est préférable de n'employer que des réservoirs en fer que l'on place sur un échafaudage à une certaine hauteur du sol ; on relie chaque réservoir à une conduite centrale d'assez fort diamètre et qui conduit le pétrole à un réservoir central où se fait l'expédition à la raffinerie. Ce réservoir central, ordinairement en fer, est placé assez en dehors des chantiers de travail pour que, en cas d'incendie, il ne puisse présenter de danger pour toute l'exploitation; on le munit toujours d'un paratonnerre pour le garantir des coups de foudre. On peut aussi le construire en terre; on fait une fouille plus ou moins grande, dont on garnit les parois d'une certaine épaisseur de bétonnage, et qu'on recouvre d'une forte charpente chargée de terre.

Le pétrole des petites exploitations est pris à chaque puits dans des tonneaux et transporté par voiture à la raffinerie ou au chemin de fer. Dans les grandes exploitations, on foule le pétrole à l'aide de pompes puissantes dans une conduite qui va du réservoir central à un autre réservoir, placé près de la raffinerie ou près de la gare du chemin de fer le plus proche. Si le foulage se fait au chemin de fer, on charge ce pétrole dans des waggons-citernes que l'on transporte ensuite à la raffinerie.

Le foulage du pétrole peut se faire sur des distances de centaines de kilomètres; on doit seulement établir des stations intermédiaires de foulage tous les vingt-cinq kilomètres environ.



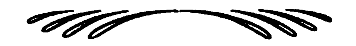
CHAPITRE IV.

Outillage de prospection.

Ainsi que nous l'avons dit dans le précis géologique de notre *Guide du Sondeur au pétrole*, les recherches de pétrole en profondeur doivent être précédées de prospections géologiques aussi exactes que possible. Quand les endroits que l'on veut prospecter sont recouverts par des alluvions, on emploie une petite sonde dite de prospection avec laquelle on ramène des échantillons de terrains à la surface, et qui permettent de reconnaître la nature de ceux-ci : ordinairement, ces découvertes se font à de petites profondeurs; on emploie le travail á la main, et ce n'est que dans des cas tout-à-fait exceptionnels que l'on doit avoir recours à un dispositif quelconque de manœuvres.

La sonde de prospection se compose de tarières (fig. 3, 4 et 5, pl. XXXVII) que l'on enfonce dans le sol par rotation; au fur et à mesure de l'avancement, on ajoute des tiges de 4 à 5 mètres de longueur. Pour imprimer le mouvement de rotation à la sonde, on emploie des tourne-à-gauche (fig. 6, 7 et 8), que l'on fixe sur la tige. Ces tourne-à-gauche servent également de fourche de manœuvre pour visser la sonde. Quand on rencontre un obstacle trop dur pour être entamé par la tarière, on lui substitue un trépan (fig. 9), avec lequel on crée un trou par percussion. En cas de travail au trépan, on enlève les détritus du fond à l'aide d'une cuillère à boulet (fig. 10, pl. XXXVII).

On peut atteindre facilement 25 à 30 mètres avec cette petite sonde; si l'on doit dépasser cette profondeur, on dresse un trépieds pour la manœuvre de la sonde, qui devient trop pesante pour pouvoir encore être relevée à la main.



CHAPITRE V.

Connaissances nécessaires et devoirs d'un conducteur de sondage.

En 1863, dans leur *Guide du Sondeur*, Degousée et Laurent, qui ont le plus aidé au perfectionnement de l'art du sondeur, et qui ont été, avec Kind, Fauvelle, etc., les maitres de cet art, ont fixé les devoirs du conducteur de sondages dans des termes si appropriés que l'on ne peut guère y ajouter. Je me rappelle l'impression que me fit la lecture de ce petit guide moral lorsque, jeune encore, je vins auprès de mon père, feu Aimable Petit, qui justement avait été un des derniers et des meilleurs élèves de Degousée et de Laurent, faire mon apprentissage de sondeur. Je puisais dans cette lecture le désir de ne pas rester un perceur de trous et de ne pas considérer la carrière du sondeur comme un métier borné, mais comme un art que l'on doit aimer et chercher à perfectionner. Toujours je désirais faire aussi bien que mes maitres et si j'ai entrepris la publication du *Guide du Sondeur du Pétrole*, ce n'est que pour suivre l'exemple donné par d'aussi illustres sondeurs.

Convaincu que la lecture de ce petit guide moral ne pourra qu'heureusement influencer l'esprit de ceux qui voudront apprendre l'art du sondeur, je répéterai textuellement ce qu'ont précisé Degousée et Laurent en y ajoutant seulement quelques observations que nécessite la spécialité du sondeur au pétrole :

« La manœuvre de la sonde, dans un terrain solide et uniforme, ne demande que quelques heures d'observation pour être bien comprise, surtout lorsqu'il s'agit d'explorations de peu d'importance ou de la continuation d'un travail en bonne marche. Mais il n'en est pas de même lorsque l'application doit être faite sur une grande échelle, et que la sonde doit traverser alternativement des formations solides et des formations fluides ou éboulantes; l'intelligence et la théorie ne suffisent plus, il faut de la pratique, avoir beaucoup vu, beaucoup observé et être doué d'une patience soigneuse et inaltérable.

» Un sondeur ne doit pas se borner à être un perceur de trous; il faut qu'à la pratique des outils il joigne les connaissances théoriques indispensables pour savoir si le travail qu'il entreprend est dans les conditions nécessaires pour réaliser le bu qu'on se propose, si, pendant le courant des travaux, le terrain ne se modifie pas de manière à renverser les prévisions pour lesquelles il avait été entrepris, et si la dépense à faire ne dépassera pas la valeur du résultat cherché.

» Nous allons indiquer successivement les connaissances qu'il doit avoir s'il ne veut pas rester un manœuvre routinier.

» 1° Il doit acquérir des notions géologiques suffisantes pour connaître la puissance probable et l'ordre de superposition des couches formant chaque grand étage de l'écorce du globe, ainsi que l'ordre, la nature et la disposition des éléments qui entrent dans leur composition;

» 2° Savoir dessiner suffisamment pour faire une coupe de sondage exécuté ou en cours d'exécution, dresser un croquis d'une machine ou d'un outil à faire;

» 3° Savoir prendre un nivellement et connaître assez bien la levée de plan pour se rendre compte du point où il doit opérer.

» 4° Il doit avoir des notions de statique et de mécanique pour établir son équipage de sonde d'une manière rationnelle, peu dispendieuse, et le modifier au besoin, suivant un emplacement gênant ou un approfondissement plus grand que celui prévu d'abord; il doit pouvoir apporter, suivant les circonstances, les modifications nécessaires pour en rectifier la première organisation. Enfin, il doit savoir appliquer, comme force motrice, une machine à vapeur ou toute autre moteur aux engins mus, savoir bien diriger cette machine et la réparer au besoin.

» Beaucoup de travaux de sondages se font à de grandes distances des localités où l'on trouve des mécaniciens; il est donc nécessaire que le sondeur connaisse suffisamment le travail du fer et de l'acier, ainsi que les différents procédés de trempe, sans quoi il verra son forgeron détruire, brûler ou détériorer les outils qu'il lui aura donnés à réparer ou seulement à affûter. Cet inconvénient est surtout à redouter lorsque le sondage a peu d'importance et que, au lieu d'avoir un forgeron spécial attaché au sondage même, on se contente d'avoir recours à un maréchal de village, peu habitué aux travaux qu'on lui demande.

» Un bon directeur de sondages doit, dès l'installation première de ces travaux, apporter tous ses soins à prévoir ce que l'avenir peut amener de circonstances heureuses ou malheureuses, dont il pourra profiter ou dont il devra se garantir. Cette première précaution, qui demande seulement un peu de temps et de réflexion, exerce souvent une grande influence sur la marche des travaux. Un travail mal commencé a beaucoup de peine à prendre une allure régulière et se ressent presque toujours de cette faute originelle.

» Lorsque le directeur d'un sondage a une certaine latitude sur le choix de son emplacement, il ne doit pas négliger les avantages qu'il pourra recueillir de la proximité d'une route pour ses transports, d'un puits, sinon d'un ruisseau, pour l'eau nécessaire au nettoyage des outils et au forage, et d'une habitation voisine pour faciliter sa surveillance active. Cette surveillance, ayant souvent à s'exercer le jour et la nuit, doit être l'objet d'une étude particulière; bien entendue, elle peut être suffisante tout en laissant une assez grande liberté; mal entendue, quelque fatigante qu'elle puisse être, elle sera incomplète.

» Le directeur d'un sondage doit tâcher, ainsi que ses contre-maîtres, de bien discerner l'aptitude des hommes qu'ils auront à employer, de manière à répartir les différents postes de la façon la plus convenable. Le plus attentif au vissage et au dévissage; le plus alerte à l'accrochage et au décrochage des tiges, etc. Le travail ainsi réparti se fait beaucoup mieux, surtout dans les contrées où la population ouvrière est peu nombreuse et où, la plupart du temps, on n'a à employer que des hommes des champs, un peu lourds au physique et au moral. Mais si, par une bonne répartition du travail, chaque homme consacre spécialement son attention et tous ses soins à un exercice unique, on obtiendra bientôt une régularité de manœuvre que l'on

chercherait en vain, si chacun d'eux était obligé de diviser son temps et ses facultés entre plusieurs genres d'occupations. Le physique lui-même semble se perfectionner et se mettre d'accord avec les machines. Ainsi s'il s'agit de peser sur un frein, de manœuvrer des tourne-à-gauche pour le vissage et le dévissage des tiges, le jeu des muscles, l'habitude et la dextérité de la main, la régularité instinctive des mouvements, la distribution de la force, en temps et en proportion convenables, la justesse du coup d'œil, tout viendra concourir à rendre plus précis l'ensemble du travail, et à diminuer en quelque sorte la fatigue des hommes.

» En admettant ces principes aujourd'hui parfaitement reconnus, et en les adoptant aussi bien pour la fabrication des outils que pour leur mise en œuvre, nous avons obtenu des résultats très satisfaisants. Chaque ouvrier, à force de fabriquer, de réparer, de voir, d'étudier, de manœuvrer outils et machines, a acquis une habitude ou un instinct des proportions ou des formes à donner qui nous a souvent étonnés. Ils sont devenus, chacun dans leur sphère, des théoriciens pratiques qu'il est presque toujours utile de consulter, car en sondages plus qu'en toute autre industrie, on ne peut arriver au mieux que par la voie de l'expérience et d'une longue et persévérante pratique. Aussi croyons-nous que, pour celui qui veut se mettre assez vivement au courant de tous les détails d'un sondage, dans le but de devenir un bon directeur de travail, le meilleur moyen est de mettre successivement la main à chacune des manœuvres qui s'y exécutent. La participation manuelle à toutes les opérations d'un sondage est essentielle pour être en état de mettre en activité une opération de ce genre dans un pays lointain, où tout le personnel est à former.

» Le directeur d'un sondage, souvent placé loin de toute surveillance, occupe donc un poste de confiance, et prends, par cela même, l'engagement d'honneur de se livrer sans réserve à l'accomplissement de tous ses devoirs, de travailler comme s'il s'agissait de ses propres intérêts, de sacrifier à cela toute distraction et tout plaisir, lorsque la situation des travaux l'exige. Enfin il doit se mettre courageusement à sa besogne, non comme un agent qui accomplit mécaniquement ses devoirs dans les limites les plus restreintes, mais comme un homme sérieux qui désire assurer son avenir en se préparant à un poste plus important.

» Un conducteur de sondage doit être doué d'un esprit d'observation suivi, avoir de l'ordre et de la méthode, non seulement dans les comptes qu'il tient pour la paie des ouvriers et les dépenses accessoires du forage, la tenue d'un journal de travail et le classement des terrains ramenés par la sonde, mais il doit encore être attentif à l'état de l'outil travailleur au moment où il le descend dans le trou, l'examiner au moment où il est remonté au sol, et comparer les formes des taillants qui, dans un temps égal, ont fait plus d'ouvrage en se détériorant moins; lorsqu'il travaille dans une roche continue, il ne doit laisser descendre aucun trépan sans le passer dans un calibre en fer; sans cela, en peu de temps, son sondage prendrait, par la déperdition du diamètre de l'outil, une forme conique qui diminuerait le forage. Au contraire, s'il était d'un diamètre trop fort, il se trouverait pincé, et ne pourrait agir régulièrement dans le mouvement de percussion.

» Le conducteur doit, après le montage de la chèvre et de son treuil, bien classer et inventorier son matériel; il doit prendre la longueur de ses tiges, ainsi que le diamètre du fer, afin que, sans perdre du temps à prendre des mesures, il sache toujours positivement la profondeur du sondage; son journal lui indique la nature du terrain où doit travailler l'outil raccrocheur, et, sans aucun tâtonnement, il des-

cend l'outil convenable. Une rupture d'outil ou de tige n'est rien, lorsque le sondeur connait bien son outillage et son trou de sonde; il répare l'accident souvent du premier coup; mais s'il tâtonne, il l'aggrave.

» Avant de commencer un forage, le conducteur se précautionne d'un casier en forme de damier et met à chacune des cases un numéro d'ordre porté sur le journal. Chaque fois que la sonde remonte, il examine à la base de l'outil le terrain ramené et, à chaque variation, il en place un ou deux échantillons dans une des cases, en suivant l'ordre des numéros, de manière à présenter de suite, et sans examen difficile, la succession des terrains traversés. Il fera bien aussi d'inscrire sur chacun d'eux la profondeur, soit en creux, avec une pointe si la matière le permet, soit avec un crayon ou de l'encre. Si ce sont des échantillons en colonne, il mettra toujours son inscription de manière à ce qu'elle indique en même temps de quel côté est la tête ou partie supérieure.

» Lorsque les couches sont peu épaisses, il ne conservera qu'un échantillon de chacune d'elles; lorsqu'elles sont puissantes, il en conservera de mètre en mètre. Chaque échantillon doit se composer d'un petit parallélipipède taillé dans la pâte retirée de l'instrument, et de fragments de la roche broyée; en se donnant la peine de chercher dans la boue ramenée par la soupape ou par la tarière, on en recueille toujours assez. Il est des cas où les fragments solides des terrains suffisent comme échantillons, mais, souvent aussi, on a besoin de la pâte pour la soumettre à un essai par les acides. La boîte d'échantillons, formée au fur et à mesure de l'avancement du travail, sert à contrôler le journal, et, à la fin du sondage, à établir une coupe géologique exacte.

» La tenue minutieuse et exacte du journal, soir et matin, est indispensable, si l'on veut se rendre compte de ce qui a été fait. Le conducteur ou le directeur d'un forage, si observateur, si attentif soit-il, ne doit jamais se fier à sa mémoire. Des journaux bien tenus sont de toute nécessité pour un entrepreneur, afin d'éviter, à des distances de temps quelquefois très éloignées, de refaire des écoles coûteuses, lorsqu'on ne connaît pas le terrain à perforer; s'ils lui servent encore à se fixer d'une manière positive sur le temps et la dépense des forages à entreprendre, et à faire, par conséquent, des traités rationnels lorsqu'il se présente de nouveaux travaux, soit dans des terrains présentant la même analogie avec ceux que l'on a traversés.

» Les moindres changements dans le terrain doivent être indiqués; les points où les instruments s'arrêtent plus souvent que dans d'autres étant observés, il sait quelles difficultés on aura à vaincre pour les tubages et à quel point les outils aléseurs ou élargisseurs devront travailler le plus longtemps.

» Le chapitre des accidents doit surtout être bien détaillé; il faut décrire le résultat de chaque outil chercheur ou raccrocheur, afin de bien approprier celui que l'on fait faire de nouveau à l'état du trou et à celui des fragments de fer qu'on y cherche; sans précaution, sans mesures exactes des tiges, on chercherait indéfiniment un outil dans le trou de sonde sans être sûr de le toucher, et l'on aggraverait le mal au lieu d'y remédier. On doit y consigner toutes les remarques ou impressions immédiates, de manière à former un historique bien détaillé de tous les incidents, qui se sont produits, soit à la descente, soit à la montée de la sonde. On comprend combien, lors des accidents, un journal bien tenu est une précieuse ressource; à un moment donné, toutes les observations antérieures, si puériles souvent qu'elles eussent pu paraître, formeront un fil conducteur guidant et éclairant la marche des recherches; elles serviront à expliquer certains faits qui resteraient longtemps mystérieux si cette connaissance du passé ne venait en aide.

« Le conducteur d'un sondage doit, outre la tenue régulière de son journal et de sa boite d'échantillons, veiller à la bonne tenue de son matériel; lorsqu'une série d'outils ne sert plus, parce qu'un tubage a rétréci le diamètre, il doit y faire toutes les réparations pour sa remise en bon état, et la mettre à part, faire graisser les tenons des emmanchements et envelopper le pas de vis, de manière à en garantir les arêtes.

» En un mot, le directeur et les contre-maîtres d'un sondage doivent s'appliquer à ce que les meilleurs procédés et les meilleures méthodes soient toujours employés, que les précautions les plus minutieuses que suggère la prudence soient toujours observées, afin d'éviter les accidents souvent si funestes, aux hommes d'abord, et aux travaux ensuite. L'oubli, la paresse ou la nonchalance doivent être réprimés sévèrement, comme cause de la plupart des accidents, tandis qu'une sévère et stricte observation des bonnes coutumes en réduit extrêmement le nombre et la gravité. »

Le directeur de sondages pour la recherche du pétrole a encore d'autres devoirs qu'il est bon de signaler.

Pendant le cours du travail, il doit observer attentivement les moindres manifestations de gaz ou de pétrole qui pourraient se produire, et avoir soin de fermer les eaux supérieures avant qu'il ait pénétré dans les terrains pétrolifères. Il doit prévoir la rencontre de pétrole, c'est-à-dire préparer les réservoirs nécessaires pour le recueillir de manière à ne pas être pris au dépourvu. S'il travaille dans des régions inconnues, arrivé dans des terrains ayant le faciès pétrolifère, il doit maintenir aussi peu d'eau que possible dans son trou de sonde, afin de ne pas gêner le dégagement du pétrole, et avoir soin de visser sur la colonne de tubes qui ferme les eaux un appareil de fermeture automatique du trou de sonde : il pourra, de la sorte, s'il obtient des éruptions brusques de pétrole, canaliser celui-ci et empêcher qu'il ne se perde.

Après avoir établi une exploitation d'un sondage fini, il est indispensable qu'il tienne un journal de production afin de se rendre compte des fluctuations de celle-ci et de chercher à y remédier de suite si elle venait à baisser. Il doit également tenir un compte exact des expéditions de pétrole qui se font chaque jour, de manière qu'il connaisse les quantités qui lui restent en réservoir. Nous donnons plus loin le modèle d'un journal de production et d'expédition.

Les dangers d'incendie dans une exploitation pétrolifère étant en rapport avec les quantités de gaz qui se dégagent des trous de sonde, il doit veiller à ce qu'on ne fasse ou n'apporte pas de feu dans un rayon convenable des lieux d'exploitation, et à ce que le sol ne soit pas recouvert ou imbibé de pétrole là où on peut l'éviter. Pour le cas où un incendie pourrait se déclarer inopinément, il doit préparer les moyens de fuite pour les ouvriers, c'est-à-dire qu'il n'y ait aucun encombrement sur les voies de communication et que, dans les locaux fermés, il y ait des portes en nombre suffisant s'ouvrant facilement vers le dehors.

Toutes les parties frotantes et celles où il se produit des chocs doivent être maintenues dans un état d'humidité ou de graissage constant, de telle sorte qu'il ne se produise pas d'étincelles. Pour cette même raison, il n'appliquera à son treuil de manœuvre que des freins munis de matières à faible cohésion.

Au moins une fois par jour il doit passer toutes les pièces du treuil, de la machine, en revue; voir si l'installation d'éclairage électrique n'a pas subi un dérangement quelconque ou si aucun danger d'accident d'ouvrier ou de travail n'est possible.

En dehors de la tenue de son journal de sondage, il doit encore faire une coupe sur laquelle il reportera, aussi souvent que possible, les avancements faits et la nature des terrains traversés (fig. 1, pl. XXXIX). — S'il a plusieurs sondages à la fois en travail, dans une même localité, il doit encore tenir une coupe générale passant par tous les sondages et qu'il continue au moins une fois par mois. (Voir les coupes dans notre *Guide du Sondeur au Pétrole.* Géologie appliquée).

Enfin, il doit prévoir les besoins futurs du travail, c'est-à-dire se prémunir à temps d'outillage, de tubages, de combustible, d'eau, etc., afin que la marche du travail ne soit pas entravée par des causes évitables.

Soins à prendre pour la traversée des couches pétrolifères.

Forage dit « à sec ». — Quand on entre dans des terrains à faciès pétrolifère, on doit maintenir aussi peu d'eau que possible dans le trou de sonde : il faut qu'il y ait au moins 100 mètres de vide dans un puits de 400 à 500 mètres.

Ordinairement, à une certaine hauteur de la couche pétrolifère, la boue de curage prend un reflet huileux et contient du gaz possédant une odeur caractéristique de pétrole : le sondeur est averti que, sous peu, il entrera dans la couche productive. Au fur et à mesure qu'il avance vers cette couche, la boue de curage se charge de plus en plus de pétrole et finit par se mélanger entièrement avec celui-ci.

Quand ce dernier indice apparait, on se trouve déjà dans les terrains proprement dits pétrolifères : le pétrole monte plus ou moins rapidement dans le trou de sonde, et l'on peut déjà établir un pompage d'essai.

Si, après avoir traversé une couche pétrolifère dont le produit est trop peu abondant pour motiver un pompage régulier, et si l'on continue l'enfoncement à la recherche d'une seconde couche, on ne pourra s'assurer de la rencontre de celle-ci qu'en prenant des précautions spéciales. Le pétrole, produit par la première couche, remplit insensiblement le trou de sonde, se mélange aux terrains broyés par le trépan et induit facilement en erreur, en ce sens que l'on peut prendre des terrains parfaitement stériles pour pétrolifères. On ne sait que difficilement établir la différence entre les couches pétrolifères et les couches stériles, si l'on ne maintient au moins une centaine de mètres de hauteur d'eau dans le trou de sonde, de façon à couper toute relation entre les terrains supérieurs et les inférieurs. Il est même bon d'enlever entièrement cette eau, de temps en temps, et de la remplacer par de la nouvelle, pure; car elle se charge insensiblement, pendant le travail, de boue venant du fond et de pétrole que les outils y amènent, en passant au travers du pétrole qui la surmonte.

En maintenant une centaine de mètres de hauteur d'eau pure dans le trou de sonde, il suffit, à chaque curage, de lancer la cuillère, au premier voyage, directement à fond, de la remonter directement, sans procéder à un mouvement de va-et-vient comme d'ordinaire, et de lâcher un peu de boue de la cuillère dans un seau bien propre. En plongeant la main bien sèche dans la boue, si celle-ci contient du pétrole, en si faible quantité soit-il, elle s'en enduira infailliblement. On a encore un bon moyen de contrôle, en versant un peu d'eau chaude dans la boue : le pétrole qu'elle contient s'en sépare et vient surnager à la surface.

Quand la hauteur de pétrole contenu dans le trou de sonde dépasse une certaine

limite, l'eau qu'on y verse ne gagne plus le fond, mais reste suspendue à l'état d'équilibre dans la colonne de pétrole; au fur et à mesure du curage et de l'enlèvement de l'eau du fond, la colonne de pétrole descend et finit par se mélanger aux détritus produits par le travail du trépan. On se croit entré brusquement dans une couche pétrolifère, tandis qu'en réalité on peut se trouver dans les terrains les plus stériles. On reconnaît son erreur en enlevant du haut, soit à la cuillère, soit à l'aide d'une pompe, une hauteur plus ou moins grande de pétrole : l'eau en suspens dans celui-ci tombe brusquement à fond aussitôt que son état d'équilibre est rompu. En continuant ensuite l'enfoncement, si, par suite de la présence de l'eau, les boues ne présentent aucune manifestation pétrolifère, on peut être certain que l'on s'était trompé et que l'on se trouve dans des terrains stériles.

Ordinairement, on craint d'enlever un tant soit peu du liquide du trou de sonde à cause des éboulements qui se produiraient et des enserrages de colonnes de tubes qui s'ensuivraient. On préfère descendre de l'eau sur le fond à l'aide de la cuillère munie du clapet (fig. 3, pl. XXXI). En touchant le fond, le clapet s'ouvre et abandonne l'eau dont on avait rempli la cuillère à la surface.

Pour la traversée des couches pétrolifères à faible production, toutes les précautions indiquées plus haut sont indispensables si l'on ne veut pas travailler en pure perte, c'est-à dire continuer la recherche de couches que l'on avait déjà dépassées.

Pour la traversée des couches très riches, il est superflu de dire que tant de précautions sont bien inutiles; car, quand on touche à la couche, le pétrole jaillit avec une plus ou moins grande force suivant la profondeur du puits, la valeur de la production et la quantité de gaz dégagée. Il suffit, quand on a reconnu la traversée d'une couche pétrolifère, s'il ne se produit pas d'éruption et si le pétrole s'accumule lentement dans le trou, de la décharger de la colonne liquide qui pèse sur elle, soit à la cuillère, soit à l'aide d'une pompe; quand les gaz peuvent se dégager, ils entraînent le pétrole vers la surface en éruptions plus ou moins violentes.

En résumé, que l'on s'attende à rencontrer des couches pétrolifères jaillissantes ou devant produire par pompage, on doit toujours se conformer aux règles suivantes :

1° Maintenir un vide d'au moins 100 mètres dans les sondages de 400 à 500 mètres. Au delà de ces profondeurs on doit augmenter le vide proportionnellement;

2° Veiller à avoir toujours environ 100 mètres d'eau pure sur le fond;

3° Vérifier, à chaque curage, la nature des boues ramenées;

4° Aussitôt que l'on a traversé une couche pétrolifère, s'assurer de sa valeur par un pompage, pour autant que cela ne puisse nuire à la bonne marche future de de l'enfoncement;

5° Si l'on fait filer les colonnes de tubes au fur et à mesure de l'enfoncement, avoir soin de prévoir, pour la partie qui recouvrira les terrains, une longueur suffisante de tubes perforés, de manière à ne pas aveugler les couches pétrolifères que l'on aura traversées.

Forage à courant d'eau. — Quand le trépan pénètre dans des terrains pétrolifères, l'eau de forage se charge de tout le pétrole que contient le terrain broyé, même de gaz en plus ou moins grande quantité qui pétille à la surface de l'eau dans le bassin de décantation. En examinant attentivement le courant d'eau, on se rend très bien compte de la contenance en pétrole des terrains traversés par la quantité de pétrole ramenée. Comme tout le poids de la colonne d'eau maintient le pétrole dans ses gisements, le repousse même à une certaine distance du trou de sonde, le

courant d'eau ne peut ramener que le pétrole qui imbibait les terrains broyés. Il s'ensuit que, aussitôt que le trépan dépasse la couche productive, le pétrole disparait du courant d'eau et celui-ci ne ramène plus que de la boue stérile du fond. Sous ce rapport, le système de forage à courant d'eau est meilleur que le système de forage dit *à sec*, car il permet de déterminer exactement les épaisseurs des terrains productifs par le simple examen du courant d'eau.

Si l'on ne craint pas de rencontrer, en dessous de la couche pétrolifère, soit une nappe aquifère, soit des terrains stériles, absorbants, on continue l'enfoncement de quelques mètres en dessous de la couche productive, de façon à créer une potelle dans laquelle les boues et les détritus plus ou moins volumineux, amenés par le pétrole ou tombés des parois par les trous des tubes perforés, pourront s'accumuler; sinon on établit de suite un pompage du puits.

Pour la traversée des sables boulants, on emploie, ordinairement, de l'eau chargée fortement d'une boue grasse, argileuse, qui enlève mieux les détritus volumineux qu'une eau pure. Ce mode de travail présente le danger, pour la traversée des couches pétrolifères, de boucher plus ou moins les pores des terrains productifs, ce qui, ensuite, peut influer fortement sur la production.

De même qu'au système de forage à sec, on ne doit recouvrir les terrains qu'avec des tubes perforés.

Il est bon de temps en temps, par exemple chaque fois que l'on pose définitivement les colonnes de tubes sur leur embase, de procéder à un enlèvement de toute l'eau que contient le trou de sonde pour vérifier si l'on n'a pas traversé une couche pétrolifère sans s'en apercevoir.

Il est indispensable de mesurer exactement le volume d'eau injecté afin que, si une infiltration de celle-ci se produisait dans la couche pétrolifère que l'on est en train de perforer, on puisse s'en rendre compte immédiatement et parer au mal.

Les soins à prendre pour la traversée des couches pétrolifères à l'aide du système de forage à courant d'eau sont, en résumé, les suivants :

1° Ne jamais diriger le courant d'eau sortant du trou de sonde à perte, mais bien vers un ou plusieurs bassins de décantation.

2° Examiner attentivement le courant d'eau, afin de saisir les plus légères manifestations pétrolifères qu'il peut présenter.

3° Toujours comparer les quantités de pétrole ramenées par le courant d'eau avec la dureté des roches traversées, afin de pouvoir indiquer, à peu de chose près, les parties les plus riches des couches pétrolifères traversées.

4° Aussitôt la couche productive traversée, procéder à un enlèvement des eaux pour s'assurer de sa valeur.

5° Ne jamais employer un courant d'eau chargé d'argile pour la traversée des sables et des grès pétrolifères.

6° Toujours recouvrir les terrains avec des tubes perforés.

7° Mesurer avec soin le volume d'eau employé.

Des couches aquifères.

On rencontre souvent dans les terrains pétrolifères des couches d'eau, soit artésienne, soit d'origine adéquate à celle du pétrole. Pendant l'enfoncement on doit

accorder une attention particulière à la rencontre de telles couches; car, plus tard, on pourrait éprouver les plus grandes difficultés à mettre le sondage en exploitation rémunératrice; on peut même le perdre complètement si la venue d'eau est trop grande et si, par suite de la trop grande friabilité des terrains, on n'arrive pas à la boucher par les moyens que nous avons indiqués autre part.

Quand on travaille au système dit « à sec », c'est-à-dire avec un vide plus ou moins grand de trou de sonde, aussitôt que l'on touche à une nappe d'eau, on s'en aperçoit, ordinairement, par la quantité d'eau qui, malgré le curage, s'accumule plus ou moins vite dans le sondage.

Il arrive cependant que, malgré un vide assez grand dans le sondage, l'eau rencontrée ne se montre pas, on ne la soupçonne même pas. Il nous est arrivé, à bien des reprises, de travailler dans un sondage aux trois quarts rempli de pétrole pur, avec, à peine, quelques mètres d'eau dans le fond, sans nous être aperçu de la traversée d'une couche aquifère, dont la présence ne s'est dévoilée que lorsque nous mimes le puits en pompage. Jusqu'à la fin du sondage, nous devions descendre de l'eau à fond, dans une cuillère, et cependant nous nous trouvions parfois de plus de cinquante mètres en dessous de la nappe d'eau.

En travaillant au système de forage à courant d'eau, on peut encore plus facilement dépasser une couche aquifère, sans soupçonner en rien sa présence, car, le sondage étant entièrement rempli, on ne peut saisir aucune fluctuation du liquide. L'eau artésienne des terrains pétrolifères étant, ordinairement, une eau qui s'infiltre par capillarité dans les grès, de la surface, suivant le pendant des couches, par la résistance de recul qu'elle rencontre dans la roche, subit très peu, si pas du tout, l'effet de pression de la colonne liquide qui remplit le trou de sonde : il n'y a pas absorption de l'eau injectée, seul indice qui pourrait indiquer la rencontre de la couche d'eau.

De nouveau, l'eau que l'on rencontre souvent à la base des couches pétrolifères, et qui s'est séparée du pétrole lors de la formation de celui-ci, sature complètement la lentille de grès poreux qui la contient, de telle façon qu'elle ne subit en rien la pression de toute la colonne liquide qui la surmonte; elle n'a, de plus, aucune issue, par où elle pourrait se déverser, repoussée par l'eau d'injection, comme le ferait une eau artésienne à écoulement rapide. Elle passe donc inaperçue jusqu'au jour où on la délivre de la pression qui la contenait.

Il résulte de tout ce que nous avons dit plus haut que toute couche d'eau peut être traversée, que ce soit au système de forage à sec ou au système de forage à courant d'eau sans qu'on soupçonne même son existence, malgré toute l'attention apportée, et que le seul moyen de contrôle, qui soit infaillible, est de vider le sondage de tout le liquide qu'il contient, et cela aussi souvent que le permet la nature des terrains et l'état des tubages.

Modèle d'un journal de sondage

Mine de pétrole de......................................

PUITS N°......................

Mois	Date	TERRAINS traversés de jour	Foré de jour	Foré de nuit	Profondr totale	Profondr tubée	Diamètr des tubes	CHEFS-SONDEURS de jour	CHEFS-SONDEURS de nuit	TERRAINS traversés de nuit	REMARQUES

Modèle d'un journal de production

Mine de pétrole de..........................

COMPTE DE PRODUCTION

Nos des puits	Ce matin les réservoirs contenaient	On a pompé	TOTAL	On a expédié	Il reste ce soir dans les réservoirs
1					
2					
3					
4					
5					
6					

le *190* .

Modèle d'un journal d'expédition

Mine de pétrole de..........................

COMPTE D'EXPÉDITION

ON A EXPÉDIÉ CE JOUR A ....

Des puits	Kilogrammes
N°	
N°	
N°	
	Soit un total de

.... *le* .... *190* .

APPENDICE

Il existe un certain nombre d'instruments de sondage et d'appareils spéciaux introduits tout récemment dans la pratique et qui restent encore plus ou moins à l'état de théories. Comme nous ne pouvions en faire la description dans la partie pratique de notre livre, nous avons préféré les traiter à part dans un appendice à notre travail. Ces objets peuvent, en beaucoup de circonstances, rendre de grands services et le sondeur sera heureux de les connaître.

Instrument élargisseur, système Petit (fig. 5, pl. XXXVIII). — Dans le corps de l'instrument *A* oscillent sur des boulons *a b* deux lames *c d* qui reçoivent un mouvement d'ouverture d'un cône *e* vissé sur une tige *f* soutenue par un ressort *g*. Une came *h* oscille sur son boulon *i* et porte une molette *j*. Pour descendre l'instrument dans les tubes, on presse la came *h* vers le bas, les lames se ressèrent sur elles-mêmes sous leur propre poids et pénètre dans la colonne; arrivé au pied de celle-ci, le ressort *g* repousse la came et attire le coin *e* entre les lames qui s'ouvrent au diamètre d'élargissage. Quand on veut retirer l'instrument, la came *g* vient buter au pied des tubes et s'abaisse. Afin que des impuretés ne puissent gêner le mouvement de fermeture de l'instrument, des canaux latéraux *k l* leur donnent une ouverture. Des talons *m n* donnent aux lames la rigidité nécessaire. Cet élargisseur agit sur la roche comme un véritable trépan.

Trépan excentrique, système Petit (fig. 6, pl. XXXVIII). — Le trépan excentrique, à lame et fut très longs, porte une bague excentrique *A*, d'une plus ou moins grande hauteur, et qui peut tourner d'un demi-tour sur la partie cylindrique qui termine le trépan; un arrêt *B* limite sa course. Pour descendre le trépan dans la colonne, on place la bague *A* de manière que la partie renflée de celle-ci soit dans une même direction que la partie excentrique du trépan. La lame du trépan arrivée en dessous des tubes, la bague *A* restant toujours dans ceux-ci, il suffit de tourner à droite pour obtenir un rejet du trépan dans les parois où, ensuite, on peut le faire excaver par percussion. On doit apporter son attention à ce que la colonne soit toujours à la profondeur convenable au-dessus de l'arrêt sur lequel travaille le trépan pour que la bague excentrique soit toujours dans les tubes. Quand on veut remonter le trépan, on

fait tourner la sonde à gauche, la bague excentrique se remet dans la position qu'elle avait pour la descente.

Appareil à dévisser, système Petit (fig. 7, pl. XXXVIII). — Il arrive souvent que l'on doit dévisser des tiges de sauvetage à gauche, fortement vissées, dans un trou de sonde, et qu'on ne possède pas de tiges à droite suffisamment fortes pour exécuter ce travail. Notre petit appareil multiplicateur de force nous sera, en ce cas, d'une grande aide.

Il se compose de quatre trains d'engrenages superposés dans une boite *A* et commandés par la tige *B*; le dernier engrenage *C* se termine par une tige se raccordant à une cloche à vis *D*; les axes des engrenages sont saisis dans des plaques assujéties dans la boîte *A* par des vis; des tampons *E F* ferment hermétiquement la boite *A* et empêche le lubrifiant qui remplit celle-ci de s'en échapper. La cloche à vis *D* étant posée sur l'objet à dévisser, en faisant tourner la sonde à droite, l'effort que l'on applique sur celle-ci se reporte, multiplié par les engrenages, sur la cloche à vis qui dévisse facilement l'objet saisi. L'effort à faire sur la sonde est minime : celle-ci peut donc être très légère.

Si l'on veut dévisser des outils à droite, tels que maîtresse-tige ou trépan, on ajoute encore une paire d'engrenages à l'appareil. La sonde est à gauche, le mouvement de torsion doit être à gauche; la force transmise à l'outil dévisseur peut être très grande suivant le diamètre que l'on peut donner à l'appareil, partant aux engrenages. On peut dévisser une maîtresse-tige, énergiquement vissée, avec notre appareil, sans pour cela devoir appliquer un grand effort de torsion à la sonde à la surface : avantage énorme pour qui connaît les difficultés rencontrées au dévissage d'outils dans un trou de sonde.

Vis de rappel à ressorts, système Laporte-Petit (fig. 2, pl. XXXIX). — Nous avons appliqué ce dispositif au treuil de battage du système canadien et avons obtenu un battage en véritable chute libre par le simple jeu de la glissière. Une série de ressorts en lames *A* sont fixés dans deux joues *B C* portant sur la tête du balancier *D*; sur les ressorts vient s'appuyer un siège *E* dont deux tourillons sont guidonnés dans les joues *B C*; sur ce siège s'appuie un écrou à volant en deux pièces *F* se vissant sur la vis de rappel *G*; celle-ci est terminée par un anneau-tournant, étroitement assujéti et que l'on visse sur la sonde. A la reprise du trépan sur le fond du trou et au choc de la glissière, les ressorts s'affaissent d'une certaine quantité pour se détendre brusquement au moment où le balancier termine son mouvement de relevée. Comme toute la partie supérieure de la sonde est reliée étroitement à la vis-de-rappel, par conséquent au balancier, elle doit suivre fidèlement son mouvement; il s'ensuit donc que, sous l'effet de détente des ressorts, et sous sa vitesse acquise, la partie inférieure de la sonde, c'est-à-dire la maîtresse-tige et le trépan continuent leur mouvement ascendant, tandis que le reste de la sonde opère son mouvement descendant. En réglant bien le jeu à la glissière et la vitesse de battage, le trépan retombe sur le fond en chute libre quand, déjà, le balancier est arrivé au bout de son mouvement descendant. Avec une vitesse de battage de 60 coups par minute, la pratique nous a démontré que l'on obtenait une chute du trépan de plus de un mètre de hauteur; l'avancement était, cela se comprend, très rapide. Pour un tel battage, on doit nécessairement avoir la partie inférieure de la sonde extraordinairement solide, car sous une telle chute, et avec une telle vitesse de battage, les ruptures d'outils pourraient être très fréquentes. La pratique nous a également démontré que ce

dispositif n'était applicable, avec de bons résultats, que jusque environ 300 mètres de profondeur. Au delà, le poids des tiges devient trop grand pour qu'on puisse encore battre avec une telle vitesse.

Du pompage du pétrole par l'air comprimé.

Le pompage du pétrole à l'aide d'appareils spéciaux et de l'air comprimé a longtemps fixé notre attention, et si nous n'avons pas encore obtenu des résultats bien définitifs, nos essais n'ont pas été, cependant, sans succès. Comme les appareils que nous mimes en travail pourraient intéresser d'autres exploitants de pétrole qui, par certaines modifications ou certains perfectionnements, pourraient facilement arriver à organiser un pompage régulier du pétrole avec nos appareils, nous décrirons ceux-ci d'une manière détaillée.

L'air comprimé est déjà employé en Amérique et en Russie pour le pompage du pétrole par pression directe, c'est-à-dire que l'air comprimé doit soulever le pétrole directement du fond, en colonne d'une hauteur égale à la profondeur du puits. Il s'ensuit que la pression de l'air peut atteindre des hauteurs trop élevées pour que le pompage puisse encore être économique.

Dans les essais que nous fimes, nous cherchâmes toujours à obtenir un soulèvement du pétrole vers la surface avec une pression maximum d'air comprimé de cinq atmosphères, ce qui nous permettait d'obtenir celui-ci à relativement bon marché.

Figure 3, pl. XXXIX. — Dans un cylindre *A* vient se glisser le souffleur *B* qui ferme l'ouverture inférieure du cylindre *A* par le cône *C*. L'air arrive sous une pression de cinq atmosphères par une conduite centrale de faible diamètre, passe par les canaux *a b* et sort par le bec *c*. A l'aide du volant *D* (fig. 4, pl. XXXIX). on soulève légèrement la colonne d'amenée de l'air, partant le cône *C*, qui offre une issue au pétrole. Celui-ci est immédiatement enlevé par le courant d'air et est projeté à la surface à l'état pulvérulent. On doit seulement veiller à ce qu'il ne pénètre pas trop de pétrole à la fois dans l'appareil et éviter que l'air n'en ait trop à soulever; on se verrait alors forcé d'augmenter la pression pour vaincre le poids du liquide.

Afin d'obtenir un pompage automatique, ne demandant pas de surveillance, nous munissons la pompe d'un flotteur *E* que nous réunissons à un levier *F* fixé sur un robinet de fermeture *G* par un fil d'acier *d*. Quand le liquide s'élève dans le trou de sonde, il soulève le flotteur, le contre-poids provoque une ouverture du robinet, l'air aspire tout le liquide qui, en s'abaissant, abandonne le flotteur; celui-ci pèse sur le levier *F* qui ferme le robinet *G*. On obtient de la sorte un pompage intermittent automatique.

Figure 5, pl. XXXIX. — Dans ce dispositif, nous intercalons dans la colonne ascendante du liquide, un soufleur d'air tous les cinquante mètres, de manière à répartir le poids du liquide sur plusieurs appareils qui soulèvent le pétrole avec une pression d'air de cinq atmosphères maximum. Les souffleurs se composent du corps A, muni d'un renflement intérieur avec le canal d'amenée d'air *a*; le bec souffleur *b* est rapporté à vis; une petite soupape ferme le canal d'amenée. On les visse

sur une colonne de 1" et on descend celle-ci à l'intérieur d'une colonne de 1 3/4", dont l'ouverture inférieure est fermée par une soupape *c*, qu'un ressort en spirale *d* applique sur son siège. Quand le premier souffleur s'appuie sur cette soupape *c* il force celle-ci à s'ouvrir et à offrir passage au pétrole qui remplit la colonne ascendante sur une plus ou moins grande hauteur. L'air comprimé arrive par la colonne 1 3/4" (fig. 6, à droite) pénètre dans les souffleurs par les canaux d'amenée *a*, soulève le liquide, premièrement par le souffleur du bas, ensuite par le second, le troisième, ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il le rejette au sol. Quand tous les souffleurs sont amorcés, le liquide coule sans interruption dans le réservoir à la surface. Nous munissons également la pompe d'un flotteur qui provoque une fermeture de la colonne d'amenée de l'air quand le liquide fait défaut dans le trou de sonde. Afin d'empêcher que le liquide aspiré ne s'échappe de la pompe, et que les souffleurs ne se désamorcent quand le courant d'air est coupé, une soupape à boulet *e* ferme l'ouverture inférieure de la pompe.

Figure 7, pl. XXXIX. — Ici la conduite d'amenée de l'air *a* est placée à côté de la conduite ascendante du liquide *b*; l'ouverture d'entrée de l'air dans le souffleur est fermée par une soupape *c*, qui empêche le liquide d'entrer dans la conduite à air; le souffleur inférieur est de plus muni d'une soupape de retenue à boulet *d*, qui retient le liquide aspiré. Ces appareils fonctionnent exactement comme ceux précédemment décrits.

Figure 8, pl. XXXIX. — Cet appareil est basé sur un principe un peu différent de celui des appareils plus haut décrits. Le souffleur inférieur se compose d'une conduite d'amenée de l'air *a* et d'une conduite ascendante du liquide *b*; une ventille *c* et un boulet *d* empêchent le liquide, soit de pénétrer dans la conduite à air, soit de s'échapper de la pompe. Pour renforcer l'appareil, un tube en fer *e* est rapporté à vis sur les collets venus du corps de l'appareil même. Le jet d'air se produit dans un rétrécissement *f* de la conduite ascendante, de manière à obtenir une aspiration dans l'appareil. Le liquide est aspiré par le premier souffleur et relevé jusqu'au second souffleur placé à environ 50 mètres plus haut; il pénètre dans ce dernier par l'ouverture *g* et laisse échapper l'air par le tuyau *h*; cet air sort du tuyau *h* par les trous ménagés à la partie supérieure de celui-ci, tandis que le liquide coule dans la coupe *i* et est aspiré par le second souffleur qui l'élève jusqu'au troisième, où une seconde séparation de l'air et du liquide a lieu; celui-ci est repris par le troisième souffleur et relevé encore d'un étage, ainsi de suite, jusqu'au moment où il arrive au sol. L'air insufflé, et qui s'échappe des appareils dans le puits, est aspiré à l'ouverture de celui-ci par les compresseurs et refoulé à nouveau dans les appareils : il arrive à se saturer complètement d'hydrocarbures. Une partie en est prise pour être chassée aux chaudières et aux moteurs où il est brûlé. Par cette disposition, on obtient l'énergie nécessaire au pompage par la simple recueille des gaz de pétrole et les frais d'exploitation sont réduits au minimum possible.

Le pompage à l'air comprimé présente l'avantage d'être facile et de demander peu d'entretien, les appareils aspirent toutes les impuretés amenées par le pétrole et maintiennent le trou de sonde dans un état constant de propreté, et la production des puits est très régulière. Il n'est pas besoin de grande installation : un simple compresseur actionné, soit par un moteur à gaz, soit par une machine à vapeur, une conduite principale d'air au travers de la mine qui le distribue à chaque puits et rien de plus. Chaque pompe est munie d'une fermeture automatique à flotteur; le

pompage, à chaque puits, se fait par intermittences, et il est facile de régler le jeu des pompes de façon qu'elles fonctionnent l'une après l'autre et jamais toutes à la fois. La quantité d'air usitée ne peut donc être jamais bien grande.

De l'avenir du sondage.

Quand on réfléchit bien à tous les progrès accomplis en sondages en ces dernières années, on peut se demander s'il est encore possible d'en faire de nouveaux. Il semble que tout ce que la mécanique peut permettre d'appliquer a été employé au perfectionnement de l'outillage et des appareils de forage. Des dispositions les plus ingénieuses, des instruments paraissant compliqués à première vue, mais d'une simplicité extraordinaire dans le travail, ont été inventés et mis en pratique et paraissent avoir poussé à l'extrême limite l'esprit inventif des sondeurs. Tous les moyens possibles ont été mis en œuvre pour perforer la terre, par rotation, par percussion, à l'aide d'une corde, de tiges, avec et sans lavage d'eau; toutes les énergies ont été mises en œuvre, la vapeur, l'électricité, l'air comprimé, l'eau sous pression.

En présence de ce qui a été fait, on doit se convaincre qu'il reste peu à perfectionner dans le principe fondamental, et que toute l'attention doit être portée sur l'amélioration des moyens d'emploi de ce qui a été inventé. C'est surtout dans la fabrication de l'outillage de sondage qu'il reste encore beaucoup à faire et, notamment, dans la construction des machines et des chaudières à vapeur. Déjà, certains fabricants ont amélioré leur construction, mais il reste encore beaucoup à faire et les machines et chaudières telles que nous les employons sont encore bien rudimentaires.

L'avenir le plus rapproché, pour la recherche du pétrole, appartiendra au système de forage combiné, c'est-à-dire au système à sonde articulée avec glissière et chute libre réuni au système à sonde rigide avec courant d'eau. Là est le moyen qui permettra de marcher vite et de réduire les prix de revient au minimum. Ce n'est pas dans la complication des appareils de forage que l'on doit chercher le mieux, mais, au contraire, dans leur simplification, et les appareils qui marcheront le mieux seront toujours ceux qui réuniront la simplicité à la solidité. Ainsi, tous ces appareils nouveaux que nous voyons préconiser chaque jour ne donneront jamais la résolution du problème, car ils sont toujours trop compliqués. A première vue, ces idées semblent séduisantes, mais au travail on ne tarde pas à se convaincre que le mieux est justement ce qui paraissait le plus rudimentaire.

En dehors de l'amélioration de l'outillage, il reste encore à perfectionner l'instruction technique du personnel ouvrier. On oublie encore trop que « le personnel, c'est le système ». Tout système de forage, si bien combiné soit-il, mis entre les mains d'un mauvais personnel est un mauvais système, tandis que la combinaison la plus mauvaise, confiée à un personnel intelligent, donnera toujours de bons résultats.

La fabrication des tubes de sondage demande encore à être améliorée. La recherche du pétrole se poursuivant à des profondeurs de plus en plus grandes, la qualité des tubes devient le facteur de réussite des travaux. Le métal qui donnera une grande résistance à la traction et à la pression, tout en étant léger, est encore à découvrir : peut-être la chimie pourra-t-elle nous donner la résolution du problème.

On doit chercher à perfectionner la fabrication de l'outillage pour pouvoir atteindre

une profondeur d'au moins 2000 mètres, à un prix qui permette encore d'exploiter le pétrole rencontré. Au delà de 2000 mètres, nous ne pensons pas qu'il y ait encore à chercher du pétrole, car les dernières découvertes géologiques nous montrent qu'à cette profondeur les gisements pétrolifères doivent être trop pauvres : les conditions tectoniques n'ont plus favorisé l'amas de grandes masses de pétrole. L'électricité nous donnera peut-être le moyen d'atteindre ces profondeurs avec facilité; dans ce champ de travail, il reste encore beaucoup à faire et nous devons nous attendre à bien des surprises encore.

L'air comprimé n'a encore été, jusque maintenant, employé qu'à de petites expériences préparatoires; mais là aussi tout reste encore à faire. Il reste à rechercher le moyen de forer au travers des terrains pétrolifères, en provoquant un enlèvement des détritus du fond par un courant d'air, soit sec, soit chargé d'humidité, et le moyen de pomper le pétrole à toutes profondeurs avec de l'air comprimé à une faible pression, de manière que les frais de pompage soient réduits à un minimum possible. C'est par l'air comprimé que l'on arrivera à pomper le pétrole de toutes profondeurs avec quelques centimes de frais par quintal de liquide pompé.

Voici plus ou moins les progrès que nous entrevoyons dans un prochain avenir :

1° Application en grand des systèmes combinés, à la glissière, à la chute libre, à la corde et à la sonde rigide avec courant d'eau;

2° Perfectionnement des moteurs et des générateurs à vapeur;

3° Amélioration dans la fabrication des tubes de sondage;

4° Perfectionnement général de l'instruction technique du personnel ouvrier;

5° Emploi de l'air comprimé pour l'enlèvement des détritus du fond pendant la traversée des couches pétrolifères;

6° Application de l'air comprimé au pompage du pétrole à toutes profondeurs;

7° Emploi de l'électricité à la désagrégation des roches et à la manœuvre des outils;

8° Perfectionnement complet des outils et des appareils de sondage.

Il est difficile, si pas impossible, de prévoir tout ce que l'avenir nous réserve de nouveau; mais, momentanément, l'attention des sondeurs peut se porter avec fruit sur ces différents points.

En ces dix dernières années, l'art du sondeur a subi une métamorphose complète, mais une révolution est encore possible, non dans le principe du sondage, mais dans la manière de l'appliquer. Des esprits créateurs travaillent constamment à perfectionner les moyens employés, et nul doute que de nouvelles inventions pratiques ne viennent encore prouver que l'art du sondage est toujours perfectible dans ses détails et qu'il lui est réservé le plus brillant avenir.



ERRATA

Page 16, ligne 7, *lire :* « entre le bout du manchon fileté *A* et le retrait du manchon *C*. Le clapet est muni d'un piton *E* ».
Page 17, ligne 34, *lire :* « Fourche de retenue à cale ».
Page 17, ligne 37, *lire :* « à l'aide de la cale que l'on chasse dans la fourche (fig. 17, pl. II) ».
Page 21, ligne 23, *lire :* « du rouleau de friction et du frein se fait par des leviers calés... ».
Page 21, ligne 44, *lire :* « Quand ces allonges atteignent une trop grande longueur ».
Page 24, ligne 21, *lire :* « C'est un cylindre de fonte *A*... ».
Page 24, ligne 46, *lire :* « Ce serrage s'obtient à l'aide du levier *h'* calé... ».
Page 46, ligne 3, *lire :* « Si on veut lâcher la sonde, on desserre premièrement la mâchoire *E* qui est soulevée d'une hauteur réglée d'avance par le jeu d'écrous serrés sur l'extrémité des tiges *p g r s* et on la serre à nouveau dans cette nouvelle position. Cela fait, on desserre la mâchoire *D*, la sonde glisse sous son poids et s'appuie de nouveau sur la mâchoire *E* qui s'abaisse ».
Page 47, ligne 15, *lire :* « par un dispositif à ressorts en spirale... ».
Page 56, ligne 41, *lire :* « Fig. 5, pl. XIII ».
Page 61, ligne 35, *lire :* « Sur la jante de l'écrou *d* est placée... ».
Page 71, ligne 17, *lire* « Si l'on traverse des terrains pressants... ».
Page 77, ligne 30, *lire :* « dans lequel un trou central de $0^{m}025$ est percé... ».
Page 81, ligne 3, *lire :* « celles-ci reposant sur l'embase du cône... ».
Page 84, ligne 7, *lire :* « en la saisissant par la tête avec une couronne à cales... ».
Page 85, ligne 26, *lire :* « un ressort antagoniste *E*... ».
Page 86, ligne 4, *lire :* « saisit le couteau *B* par un boulon *G*... »
Page 92, ligne 6, *lire :* « Le tampon *C*... »
Page 92, ligne 21, *lire :* « monter le coin *K* ».
Page 125, en tête, *lire :* « Travaux spéciaux de forage ».



TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

DES SYSTÈMES DE SONDAGE APPLIQUÉS A LA RECHERCHE DU PÉTROLE

CHAPITRE II.

TUBAGES

CHAPITRE III.

OUTILS DE SAUVETAGE

CHAPITRE IV.

DES ACCIDENTS DE SONDAGE

CHAPITRE V.

TRAVAUX SPÉCIAUX DE FORAGE

DEUXIÈME PARTIE

EXPLOITATION

CHAPITRE I.

CHAPITRE II.

CHAPITRE III.

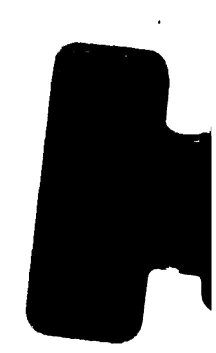
DU POMPAGE DU PÉTROLE

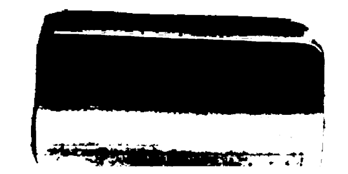
CHAPITRE IV.

CHAPITRE V.

APPENDICE

YD 18027





DU MÊME AUTEUR

GUIDE DU SONDEUR AU PÉTROLE. Géologie appliquée.

1 volume in-8°, avec planches en noir et en couleurs . . . . . . fr. 7,50